



### **Física e Geociências:**

## **Uma proposta interdisciplinar para o ensino de Termodinâmica e Ondulatória**

Alex Amilton Costa Retamero

Texto apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de São Carlos, *Campus Sorocaba*, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

### **Orientador**

Prof. Dr. Airton Natanael Coelho Dias

### **Coorientadora**

Profa. Dra. Maria José Fontana Gebara

Sorocaba-SP

Fevereiro de 2019

ALEX AMILTON COSTA RETAMERO

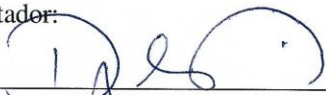
**FÍSICA E GEOCIÊNCIAS: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O  
ENSINO DE TERMODINÂMICA E ONDULATÓRIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física no Ensino Médio.

Sorocaba 05 de fevereiro de 2019.

Orientador:



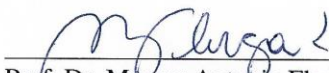
Prof. Dr. Ailton Natanael Coelho Dias  
UFSCar – Sorocaba

Examinadora:



Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva  
UFSCar – Sorocaba

Examinador:



Prof. Dr. Marcos Antonio Florczak  
UTFPR – Curitiba

Sorocaba  
Fevereiro de 2019

RETAMERO, ALEX AMILTON COSTA

Física e Geociências: uma proposta interdisciplinar para o ensino de Termodinâmica e Ondulatória / ALEX AMILTON COSTA RETAMERO. -2019.

125 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Prof. Dr. Airton Natanael Coelho Dias

Coorientadora: Profa. Dra. Maria José Fontana Gebara

Banca examinadora: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva, Prof.

Dr. Marcos Antonio Florczak

Bibliografia

1. Aprendizagem Significativa. 2. Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade. 3. Física, Geociências. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano – CRB/8 6979

## **Dedicatória**

Dedico esta dissertação a Deus, Criador do céu e da Terra e das fontes das águas.

À Ele toda honra e toda glória por toda a Eternidade! Que seja Ele sempre o motivo da minha adoração!

Dedico também à minha esposa, Fabiana Retamero, a minha maior incentivadora, que sempre confiou em meu potencial ao longo de dezoito anos.

## **Agradecimentos**

Agradeço em especial a Deus, meu criador e meu Redentor, doador de vida e liberdade a todos que Nele creem.

Agradeço a minha esposa Fabiana P. A. Retamero que em meio de risos e de adversidades sempre está ao meu lado.

Agradeço a minha mãe Ivani Retamero, a minha sogra Maria Aparecida P. Alexandre e ao meu sogro José Alexandre pelas orações. Agradeço também a minha cunhada Flávia Paulino Alexandre, pelo seu carinho e sorriso nas horas mais desesperadoras.

Agradeço em especial ao professor Prof. Dr. Airton Natanael Coelho Dias e Profa. Dra. Maria José Fontana Gebara, que dois anos de mestrado foram mais que professores. Foram mestres, dispostos a irem além de suas obrigações para cumprir o propósito da educação.

Agradeço pela existência do programa de pós-graduação Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física, Universidade Federal São Carlos, campus Sorocaba, na pessoa do professor Dr. James Alves de Souza.

Agradeço à Associação Adventista Central Paranaense, e em especial ao Departamento de Educação, na pessoa de Jeferson Elias Souza, pelo apoio que me deram na realização desse projeto e sonho pessoal e profissional.

Agradeço aos amigos que me apoiaram durante esse período, e destaco as amigas Adriana Henemann, Anne Caroline Arruda e Raquel Correia Pinto que com sincero carinho comemoram comigo.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é verificar os limites e as contribuições das aproximações entre Física e Geociências no ensino médio. Para isso, foram elaboradas duas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) tendo como principal aporte para as atividades de ensino as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR), propostas por Gerard Fourez, e a Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel. Aplicadas em 2017 para alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola privada situada em Curitiba-PR. As UEPS voltam-se para conteúdos de Termodinâmica e Ondulatória. Estes conteúdos foram abordados a partir de estudos sobre “Clima da Terra” e sobre o “Modelo do Interior da Terra”. Os resultados preliminares indicam que as relações entre Física e Geociências podem motivar os estudantes e conferir significado aos conteúdos estudados.

**Palavras-chave:** Aprendizagem Significativa, Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade, Física, Geociências.

## **ABSTRACT**

The aim of the work was to verify the limit and contributions of the association between Physics and Geosciences in the High School. To this, two Potentially Meaningful Teaching Units (PMTUS) were developed based in either theories (or models): Interdisciplinary Island of Rationality (IIR) of Gerard Fourez and of the David Ausubel's Theory of significant learning. Developed in 2017 for the second year students of a private school in Curitiba, Paraná, Brazil, the PMTUS were applied from contents of Thermodynamic and Waves. These contents were approached from the study of Climate and Interior Model of the Earth. Preliminary results indicate that the association of Physics and Geosciences can motivate students and give meaning to the contents studied.

**Keywords:** Significant Learning, Potentially Meaningful Teaching Units, Interdisciplinary Island of Rationality, Physics, Geosciences.

## **Apêndices**

Apêndice 1: Questões Levantamento do conhecimento prévio UEPS Termodinâmica	106
Apêndice 2: Produto UEPS – Interdisciplinaridade entre Física e Geociências	107



## **Anexos**

Anexo 1: Levantamento de conhecimento prévio UEPS Ondulatória	105
Anexo 2: Levantamento do conhecimento prévio UEPS Ondulatória	105

## **Siglas**

IIR Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade

TAS Teoria de Aprendizagem Significativa

## Sumário

<b>Introdução</b>	16
<b>Capítulo 1</b>	
<b>A Interdisciplinaridade como estratégia para a aprendizagem significativa</b>	18
<b>1.1 Teoria de Aprendizagem Significativa</b>	18
1.1.1 <i>Aquisição e Uso de Conceitos</i>	25
1.1.2 <i>Revisão de trabalhos que utilizam a Teoria de Aprendizagem Significativa</i>	27
<b>1.2 Interdisciplinaridade</b>	31
<b>1.3 Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR)</b>	36
<b>1.4. Contribuições das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade à Aprendizagem Significativa</b>	42
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Clima: Um pouco de Física e Geociências</b>	44
<b>2.1 Física e Geociências uma boa parceria</b>	44
<b>2.2 Conceito de Energia conhecimento de ancoragem</b>	46
2.2.1 <i>Breve revisão histórica do conceito de Energia</i>	46
<b>2.2.2 Energia</b>	48
2.2.3 <i>Processos de transferência de Calor</i>	51
<b>2.3 Clima terrestre</b>	53
2.3.1 <i>A energia e os movimentos do ar</i>	54
2.3.2 <i>Temperatura e superfície terrestre</i>	57
<b>2.4 O modelo do Interior da Terra</b>	62
2.4.1 <i>Sismologia</i>	63
2.4.1.1 <i>Placas tectônicas</i>	68
<b>Capítulo 3</b>	
<b>O ensino de Física e as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade</b>	73
<b>3.1 Contexto da aplicação do produto</b>	74
<b>3.2 Primeira Unidade de Ensino Potencialmente Significativa</b>	75

<b>3.3 Segunda Unidade de Ensino Potencialmente Significativa</b>	83
<b>Considerações finais</b>	95
<b>Referências Bibliográficas</b>	99
<b>Anexo 1</b>	106
<b>Anexo 2</b>	106
<b>Apêndice 1</b>	107
<b>Apêndice 2</b>	108

## FIGURAS

<b>FIGURA 01</b> Processos de convecção do ar e água	52
<b>FIGURA 02</b> Absorção de energia pela Terra	55
<b>FIGURA 03</b> Atmosfera terrestre e sua classificação	56
<b>FIGURA 04</b> Ciclo hídrico	57
<b>FIGURA 05</b> Célula de Hadley	59
<b>FIGURA 06</b> Ventos de monções	60
<b>FIGURA 07</b> Temperatura da superfície terrestre em função dos tipos de cobertura	62
<b>FIGURA 08</b> Epicentro	64
<b>FIGURA 09</b> Propagação de onda Love e Rayleigh	65
<b>FIGURA 10</b> Representação de onda incidente no meio A e refratado no meio B	66
<b>FIGURA 11</b> Representação do modelo do interior da Terra a partir de dados de ondulatória	67
<b>FIGURA 12</b> A ilustração indica o movimento de duas placas tectônicas, crosta oceânica e crosta continental	68
<b>FIGURA 13</b> Quadro 1, escala Richener	69
<b>FIGURA 14</b> Modelo de correntes de convecção na atmosfera	71
<b>FIGURA 15</b> Convergência de placa oceânica e continental	72
<b>FIGURA 16</b> Convergência de placas continentais	72
<b>FIGURA 17</b> Classificação das respostas da questão A	78
<b>FIGURA 18</b> Classificação das respostas questão B	79
<b>FIGURA 19</b> Classificação das respostas da questão C	79
<b>FIGURA 20</b> Classificação das respostas da questão D	80
<b>FIGURA 21</b> Resultados as questões A, B e C	84
<b>FIGURA 22</b> Classificação das respostas da questão D	85
<b>FIGURA 23</b> Classificação das respostas da análise dos desenhos I, II e III	87
<b>FIGURA 24</b> Experimento do pêndulo	93
<b>FIGURA 25</b> Experimento Gravitação	93
<b>FIGURA 26</b> Experimento Conservação de Momento	94
<b>FIGURA 27</b> Estrutura da ponte de Da Vinci	94

## **TABELAS**

<b>TABELA 1</b> Quadro 2, roteiro de atividades da primeira UEPS	76
<b>TABELA 2</b> Quadro 3, exemplos de desenhos conforme a ordem estabelecida I, II e III.	87
<b>TABELA 3</b> Quadro 4, roteiro de atividades do segunda UEPS	89

## INTRODUÇÃO

A Física muitas vezes é descrita pelos estudantes como uma matéria complexa e de grande dificuldade. Assim, por vezes, torna-se desmotivadora frente aos maus resultados em provas escolares, exames externos ou qualquer tipo de atividade avaliativa. Compreender essa visão e modificá-la tem sido objetivo de inúmeras pesquisas que vêm sendo desenvolvidas nos últimos anos, tanto em programas de mestrado acadêmico quanto profissional e doutorados na área de Ensino de Ciências.

Há também a considerar as dificuldades relatadas pelos profissionais do ensino de Física na educação básica que, preocupados com a efetiva aprendizagem de seus alunos, têm buscado alternativas ao método tradicional de ensino. Esse método, que normalmente breve exposição de conceitos, seguida da apresentação de fórmulas e da resolução de exercícios a título de exemplo, podem ser um fator que desmotive os estudantes gerando, em alguns, descaso, desinteresse e até mesmo repúdio pela disciplina. Os alunos chegam a afirmar que Física nada mais é do que uma “Matemática mais complicada”, sem utilidade e sem relações com a realidade e o cotidiano. Nesse método de ensino, as avaliações da aprendizagem são baseadas na aplicação de provas, em que são propostos exercícios numéricos, habitualmente retirados de livros didáticos e/ou de exames de acesso ao ensino superior (como o Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM - e os vestibulares). Os resultados dessas avaliações são preocupantes.

Um ponto importante na preocupação supracitada dos docentes deve-se ao fato de que poucos tiveram, em sua formação inicial, disciplinas que abordassem metodologias de ensino e teorias de aprendizagem. Isso faz com que sua prática docente seja baseada, principalmente, nas experiências e nos exemplos vividos enquanto eles próprios eram alunos. Nesse processo costuma prevalecer uma lógica há muito, ultrapassada: “se eu consegui aprender dessa forma, meu aluno também aprenderá”.

Os professores que não concordam com essa lógica e que desejam melhorar seus métodos de ensino encontram no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), curso de pós-graduação *strictu sensu* sob responsabilidade da Sociedade Brasileira de Física (SBF), suporte adequado para sua qualificação profissional.

Diante desse cenário, e com a preocupação de melhorar a prática docente e de contribuir com outros profissionais que atuam no ensino de Física, elaboramos um produto

educacional na forma de duas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), tendo como principal aporte para as atividades de ensino as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR), propostas por Fourez (1997 *apud* SIQUEIRA, GAERTNER, 2015), e a Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel (2003). Considerou-se como princípio fundamental que “o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa” (AUSUBEL, 2003 *apud* MOREIRA, 2017).

Seguindo ainda uma consideração de Moreira (2017), foi utilizado um material didático diferente do comumente adotado na instituição de ensino onde foram aplicadas as atividades sugeridas no produto educacional. Esse material, chamado de organizador prévio, costuma apresentar um nível de exigência menor, do ponto de vista de abstração e generalidade, para os alunos. Sua função é servir de ponte entre o que o estudante sabe e o que deveria saber para que ocorra a aprendizagem significativa do novo conhecimento.

Desta forma, foram planejadas atividades interdisciplinares para a segunda série do Ensino Médio utilizando temas de Geociências como forma de introduzir conteúdos de Física. Especificamente, as atividades envolveram estudos sobre o “Clima da Terra” e o “Modelo do Interior da Terra”, como sugerido por Gebara (2009, p. 114). Os conceitos de Física abordados estavam ligados aos conteúdos de Termodinâmica e Ondulatória. Para testar a efetividade do produto educacional, as atividades que o compõe foram testadas no ano de 2017, em uma escola privada de Curitiba-PR.

Nosso principal objetivo foi verificar os limites e as contribuições das aproximações entre a Física e as Geociências no Ensino Médio. O corpo de conhecimentos teórico que embasou a elaboração do produto educacional e a descrição de seu teste compõe o texto dessa dissertação, que está estruturada em cinco partes. Além dessa introdução, no primeiro capítulo discutimos a interdisciplinaridade enquanto estratégia de ensino, particularmente, as ilhas interdisciplinares de racionalidade, assim como os fundamentos essenciais da Teoria de Aprendizagem Significativa. No segundo capítulo, apresentamos o conhecimento Físico básico necessário para a utilização do produto educacional. A descrição da aplicação do produto educacional compõe o terceiro capítulo. Encerrando, apresentamos nossas considerações finais. O produto educacional apresentado como apêndice dessa dissertação, também será disponibilizado na forma de material didático complementar.



## **CAPÍTULO 1**

### **A interdisciplinaridade como estratégia para a aprendizagem significativa**

Neste capítulo, apresentamos uma breve discussão sobre interdisciplinaridade e, particularmente, sobre Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR), proposta adotada nas aulas do ensino médio em que testamos o produto desenvolvido no mestrado profissional. As abordagens utilizadas em sala de aula tiveram como objetivo promover a aprendizagem significativa, referencial teórico adotado que também é apresentado neste capítulo.

#### **1.1. Teoria de Aprendizagem Significativa**

O marco teórico adotado neste trabalho foi a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), de David Ausubel (2003)<sup>1</sup> que desenvolveu estudos na área da psicologia educacional. A base estruturante de sua pesquisa é focada no cognitivismo ou psicologia da cognição. Assumimos aprendizagem significativa como sendo

aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não literal, não ao pé da letra, e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (MOREIRA, 2017)

A TAS tem como fundamento a cognição que ocorre quando o indivíduo consegue relacionar diversos conhecimentos, construindo a sua identidade, e conseguindo, dessa forma, compreender o mundo em que está inserido. Além disso, essa teoria considera também a importância da experiência afetiva (MOREIRA; MASINI, 2001, p.13).

Portanto, a aprendizagem significativa tem como pressuposto que para o aprendiz assimilar um novo conhecimento faz-se necessário considerar os conhecimentos estruturantes, ou seja, os conhecimentos prévios. Nessa perspectiva, David Ausubel (2003) coloca que o aprendizado de novos conhecimentos ocorre quando o conhecimento já existente é estimulado, para que se possa avançar.

---

<sup>1</sup> A teoria de aprendizagem significativa foi desenvolvida por David Ausubel (1918 a 2008). Formado em medicina, com especialização em psiquiatria, foi professor emérito da Columbia University, em Nova Iorque (KIEFER, 2013).

A aprendizagem significativa processa-se quando o material novo, ideias e informações que apresentam uma estrutura lógica, interage com conceitos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade. Essa interação constitui uma experiência consciente, claramente articulada e precisamente diferenciada, que emerge quando sinais, símbolos, conceitos e proposições potencialmente significativos são relacionados à estrutura cognitiva nela incorporados. (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 14)

Assim, a TAS defende que o conhecimento prévio é essencial para o aprendizado duradouro. Mas, para que os conhecimentos prévios sejam estimulados precisamos usar materiais de instrução adequados que possibilitem essa abordagem.

Em consonância a isso, Ausubel (2003) argumenta que atribuir significado à aprendizagem depende dos meios utilizados no ensino, que deve contar com mecanismos que possibilitem a geração de novos conhecimentos de ancoragem e não somente de memorização.

Nessa perspectiva, um ensino que seja duradouro e que faça sentido para a formação do indivíduo deve relacionar-se com conhecimentos presentes e, “A este conhecimento, especificamente relevante à nova aprendizagem, o qual pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, David Ausubel (1918-2008) chamava de subsunçor ou ideia-âncora” (MOREIRA, 2017).

A teoria de Ausubel tem como premissa considerar uma estrutura básica de conhecimento do aprendiz, visando relacionar o conhecimento prévio com novos conhecimentos, possibilitando, dessa maneira, aprendizagem significativa (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 17).

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em subsunçores relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Ausubel vê o armazenamento de informações na mente humana como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimento são relacionados (assimilados) a conceitos e proposições mais gerais, mais inclusivos. Estrutura cognitiva significa, portanto, uma estrutura hierárquica de subsunçores que são abstrações da experiência do indivíduo. (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 17)

A partir dessa premissa, o aprendiz desenvolve o conhecimento de forma gradativa, partindo de conhecimentos básicos, de baixa complexidade, para conceitos e conhecimentos de alta complexidade, como podemos acompanhar no trabalho de Ortiz (2015) ao

desenvolver uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para abordar o conceito de força o autor verifica que houve maior envolvimento dos estudantes.

Nessa perspectiva, entende-se por subsunçores, conforme Ausubel (2003), conhecimentos anteriormente desenvolvidos e que podem gerar desequilíbrios quando o estudante for exposto a novos conhecimentos. O reconhecimento desse conhecimento prévio, ou de ancoragem, e sua consideração como ponto de partida, somados a atividades de ensino adequadas, teriam o potencial de produzir para o estudante uma aprendizagem significativa.

O conhecimento de ancoragem, ou subsunçor, é parte da estrutura cognitiva do aprendiz e serve de base para novas aprendizagens. Conforme Ausubel (2003), esse conhecimento permite estabelecer novas ligações cognitivas e a formação de uma nova estrutura cognitiva. Na aprendizagem significativa não há apelo à memorização, ao contrário da aprendizagem mecânica, fazendo com que as novas conexões cognitivas perdurem, pois “nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva” (MOREIRA, 2017).

Para que esse mecanismo seja ativado, é necessário utilizar metodologias e/ou estratégias de ensino que levem o aprendiz/estudante a estabelecer relações entre os novos conhecimentos e aqueles já consolidados, processo esse estimulado pelo uso de atividades potencialmente significativas, ou seja, a(s) metodologia(s) de ensino adotada(s) deve(m) considerar o conhecimento prévio do aprendiz (AUSUBEL, 2003).

Um fator importante no processo de aprendizagem significativa é o material de instrução, também chamado de material didático. O material de instrução deve ser apresentado em uma sequência que faça sentido ao aprendiz, e, para que isso ocorra, deve-se levar em consideração as relações cognitivas anteriores, o conhecimento de ancoragem conforme aponta Ausubel (2003).

Os materiais de instrução possuem como objetivo expor novos conhecimentos, contudo, precisam contribuir para que se desenvolvam novas relações cognitivas. Isso porque, como já exposto, para uma nova assimilação é fundamental considerar as estruturas cognitivas anteriores. Os meios de aprendizado, as metodologias de ensino e os materiais didáticos devem, idealmente, conseguir motivar o estudante a fazer novas descobertas. (AUSUBEL, 2003, p. 74).

Quando devidamente estimulados, os sujeitos conseguem relacionar conhecimentos prévios com novos desafios, criando novas relações. As situações geradas por estratégias de aprendizagem e pelo material de instrução precisam ser adequadas a essa compreensão do processo de aprendizagem.

Embora destacando a importância de materiais e estratégias que considerem os conhecimentos prévios dos estudantes, Ausubel (2003) alerta que há possibilidade de não ocorrer aprendizagem significativa, pois a falta de relevância e estímulo podem impedir que os conhecimento-base, estruturantes, sejam acionados.

A aprendizagem mecânica ocorre quando há pouca ou nenhuma interação com os subsunçores, o conhecimento proposto não teve relevância ou não estimulou o aprendiz a encontrar em sua estrutura cognitiva o conhecimento base para estruturar o novo conhecimento (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 18).

A aprendizagem de pares de sílabas sem sentido é um exemplo típico de aprendizagem mecânica, porém a simples memorização de fórmulas, leis conceitos, em Física, pode também ser tomada como exemplo, embora se possa argumentar que algum tipo de associação ocorrerá nesse caso. (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 19)

Portanto, a aprendizagem mecânica não se relaciona com os subsunçores de forma profunda, não gerando aprendizagem significativa. Mesmo que a aprendizagem ocorra pela descoberta ou pela recepção, para a teoria ausubeliana, para que ocorra o aprendizado é necessário que a informação seja incorporada de forma não arbitrária e não literal à estrutura cognitiva (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 19).

A aprendizagem mecânica gera relações cognitivas não permanentes ou duradouras, em oposição à aprendizagem significativa, cujo objetivo é o aprendizado permanente, fazendo com que o conhecimento tenha significado e que, posteriormente, torne-se conhecimento de ancoragem para novas aprendizagens (AUSUBEL, 2003, p. 75).

Outra diferença entre o aprendizado significativo e o aprendizado mecânico reside na permanência do conhecimento. O segundo, quando solicitado por novos estímulos não é ativado para assimilação de novos subsunçores, conforme Ausubel (2003).

Diante disso, Moreira e Masini (2001, p.19) questionam: “*supondo que aprendizagem significativa deva ser preferida em relação á aprendizagem mecânica, e que isso pressupõe a existência prévia de conceitos subsunçores, o que fazer quando estes não existem?* ”

A não existência de subsunçores, significa que o aprendiz/estudante está interagindo em uma área de conhecimento nova para ele, por esse motivo a aprendizagem mecânica contribui para elaboração de novos subsunçores que, mesmo sendo menos elaborados, contribuirão como conhecimento de ancoragem para aumentar o seu aprendizado nessa nova área (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 20).

Entendemos que não existe uma uniformidade para o aprendizado, mas diferentes formas de desenvolver os subsunçores. A formação de conceitos em crianças de idade pré-escolar ocorre de forma genérica, por meio de experiências empírico-concretas, uma aprendizagem por meio da descoberta. Quando essa criança está na idade de escolar, principalmente na adolescência ou quando adulto, a assimilação ocorre pela recepção de conceitos por recepção, em conteúdos sistematizados ou não, e pela descoberta, tendo ao alcance os subsunçores desenvolvidos anteriormente (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 20).

O aspecto mais significativo do processo de assimilação de conceitos em outras palavras, envolve a relação, de modo substantivo e não arbitrário de ideias relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva do aprendiz com o conteúdo potencialmente significativo, implícito na definição dos termos ou das pistas contextuais. (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 21)

A partir dessa proposição, em que o aprendiz desenvolve o conhecimento a partir da descoberta e pela recepção de forma não estática e sim dinâmica, ocorre a aprendizagem significativa. A questão que se levanta é: de que forma podemos deixar a aprendizagem significativa dinâmica?

Segundo a teoria ausubeliana, é necessário propor organizadores prévios para que tenhamos a aprendizagem de forma significativa. Os organizadores prévios são materiais didáticos e metodologias educacionais que manipularão, de forma consciente, os subsunçores, servindo de ponte entre o subsunçor e o novo conhecimento (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 21).

A principal função dos organizadores é, então, superar o limite entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber, antes de poder aprender a tarefa apresentada. Permitem prover uma moldura ideacional para incorporação e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue na aprendizagem, bem como aumentar a discriminabilidade entre este e um outro similar já incorporado na estrutura cognitiva ou, ainda, ressaltar as ideias ostensivamente conflitivas. (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 22)

Assim o material organizador prévio precisa ser mais do que um material introdutório, este deve, efetivamente, conseguir relacionar o conhecimento prévio do aprendiz, de forma relevante, e conseguir alcançar o aprendiz de forma organizada e acessível à idade, ao contexto social e às suas experiências.

A eficácia da Aprendizagem Significativa depende da forma como ocorre a relação entre o conhecimento de ancoragem e o estímulo para o novo conhecimento. Fatores como cultura, meio social e idade podem afetar a aprendizagem significativa, mesmo respeitando os conhecimentos prévios e considerando a idade do aprendiz e suas experiências formais Ausubel (2003).

Existem dois critérios que norteiam possíveis bons resultados para a aprendizagem significativa. Primeiro, o material de instrução deve permitir que o aprendiz relacione o conteúdo apresentado, de forma organizada, com outros conteúdos, e estabelecer uma lógica de correlação. Essa relação não deve ser arbitrária, mas dirigida, para que seja funcional (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 23). Em segundo lugar, mas não menos importante, a relação cognitiva particular do aprendiz com o material deve respeitar as capacidades intelectuais do estudante, considerando sua capacidade com a tarefa da aprendizagem proposta. Dessa forma, o aprendiz precisa colocar-se como protagonista de sua aprendizagem, estando disposto a aprender e, assim, relacionando o subsunçor com um novo conhecimento a ser aprendido (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 23).

Podemos concluir da primeira situação o material organizador prévio precisa ser acessível à capacidade intelectual do aprendiz. A segunda situação nos alerta sobre a disposição do aprendiz em aprender, pois, independente da qualidade do organizador prévio, o estudante precisa estar disposto a não memorizar simplesmente o conhecimento, caso contrário o conhecimento apresentado não gerará aprendizagem significativa.

Quando o material de instrução satisfizer a esses dois critérios as possibilidades para que ocorra a aprendizagem significativa se ampliam, com retenção duradoura do conteúdo e a ancoragem para novos conhecimentos, que terão maior longevidade. Contudo, como parte ativa do processo de ensino aprendizagem, a atitude do aprendiz pode gerar ou não significado aos novos estímulos cognitivos (AUSUBEL, 2003, p. 203).

Quando houver somente a intenção de memorizar, sem estabelecer nenhuma relação com outros conhecimentos, possuir uma atitude unilateral, memorizando sem buscar sentido para si, de forma superficial, teremos uma aprendizagem mecânica e não significativa. Sendo

assim, para que o aprendiz não tenha uma postura de memorização, o material de instrução deve colocar situações que o façam construir novos conceitos e desfazer outros. Por esse motivo, o termo potencialmente significativo indica que o processo de aprendizagem depende de inúmeras condições para ocorrer, dentre as quais podemos apontar as estruturas básicas cognitivas para assimilação, condições sociais, condições culturais, condições de saúde do aprendiz etc. Tais fatores interagem com o aprendiz e com suas ideias, gerando ou não aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003, p. 95)

A eficiência da aprendizagem significativa depende de como foi realizada a relação entre o conhecimento de ancoragem e o novo conhecimento, assim como também depende da motivação do aprendiz, ou seja, o estudante precisa desejar um aprendizado significativo e ter uma participação ativa nesse processo (AUSUBEL, 2003). Dessa forma, é fundamental que sejam planejadas atividades de ensino que despertem nos estudantes o desejo de aprender.

Segundo Moreira e Masini (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 24), os estudantes conseguem decorar fórmulas, termos, conceitos para realização de testes e os acertos não significam que ocorreu uma aprendizagem significativa. Para verificar a ocorrência de uma aprendizagem significativa é necessário usar testes diferentes, propostos inicialmente pelo organizador de material prévio (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 24).

Uma maneira eficiente, apontada por Moreira e Masini (2001), é a resolução de problemas, que exigirá do estudante a busca de vários conceitos e sua conexão na estrutura cognitiva. Uma outra maneira apontada é o uso dos conceitos aprendidos aplicá-los em outras situações, diferentes das iniciais abordadas durante o processo de aprendizado, fazendo o fechamento e verificação do aprendizado (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 24).

Moreira e Masini (2001) também apontam que na teoria ausubeliana o conhecimento é hierárquico, fazendo com que o aprendizado seja diferente entre os aprendizes, o que exige atenção ao processo avaliativo. A avaliação deve relacionar o conteúdo ensinado de forma abrangente afunilando em termos mais específicos, ou seja, do conhecimento geral para o conhecimento específico (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 32).

### **1.1.1. Aquisição e uso de conceitos**

De acordo com Moreira e Masini (2001), a teoria ausubeliana entende que os conceitos são elaborados, e compreendidos pelas experiências do indivíduo, através de elaborações e organizando o sentido percebido psicologicamente (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 35).

A realidade, figurativamente falando, é experimentada através de um filtro conceitual ou categorial, constituindo o mundo de significados do indivíduo. O homem vive mais num mundo de conceitos do que de objetos, eventos e situações. O conteúdo cognitivo da palavra escrita ou falada, numa mensagem, é uma versão altamente simplificada, abstrata e generalizada da realidade à qual se refere no mundo físico e da experiência consciente que essa realidade evoca no indivíduo. (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 35).

Os conceitos desenvolvidos em uma sociedade como a linguagem ou a estrutura de Matemática, desenvolvida em diferentes lugares e épocas, permitem que o ser humano consiga relacionar-se e comunicar-se. Dessa forma o ser humano consegue através dos conceitos adquiridos relacionar conhecimentos de forma real e abstrata (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 36).

Os conceitos tornam possível a aquisição de ideias abstratas na ausência de experiências empírico-concretas e de ideias que podem ser usadas tanto para categorizar novas situações como para servir de pontos de ancoragem para assimilação e descoberta de novos conhecimentos. Finalmente, o agrupamento de conceitos em combinações potencialmente significativas é responsável pela formulação e entendimento de proposições. (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 36).

Entendemos que os conceitos não são adquiridos da mesma forma por todos aprendizes e, na teoria ausubeliana, fatores biológicos, sociais e experiências individuais interferem na aquisição de conceitos, como apontam Moreira e Masini (2001, p. 39). Após adquirido o conceito, segundo os autores, há duas formas de solidificar o conhecimento adquirido: a primeira, ocorre pela aprendizagem receptiva, em que o aprendiz usa os conceitos de forma sistemática para compreensão e resolução de um problema; ou através da aprendizagem pela descoberta, em que ao ser confrontado com um problema o aprendiz procura sua solução sem se dar conta que está usando inúmeras relações conceituais, reforçando a importância dos subsunçores.



A aquisição de conceitos ocorre da mesma forma que o conhecimento de ancoragem, de forma gradativa, do estágio pré-operacional ao estágio operacional abstrato, tendo uma evolução progressiva (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 41). Os três estágios da aquisição de conceitos - pré-operacional; operacional-concreto, e estágio de operações lógico-abstratas podem ser sintetizados como a seguir:

- pré-operacional, verificável em crianças que adquirem conceitos em nível concreto, por exemplo, entender que são familiares, conceito de lugar onde vive e nomes de pessoas e animais;
- operacional-concreto, no qual o aprendiz consegue adquirir conceitos próximos a sua realidade, sem fazer grandes aprofundamentos. As operações matemáticas, por exemplo, precisam acessar em sua estrutura cognitivas exemplos práticos do seu cotidiano;
- operações lógico-abstratas, em que o aprendiz consegue relacionar conceitos sem precisar de uma experiência concreta, consegue acionar os subsunçores fazendo relações genéricas, abstratas, precisas e explícitas (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 43).

No ensino formal, a aquisição de conceitos acontece de forma crescente, inicialmente de forma empírica-concreta e mais tarde, na adolescência, tornam-se mais genéricos e abstratos. Para a criança, o processamento de informações inicia-se no estágio pré-operacional cognitivo, limitada aos conceitos mais simples.

É interessante ressaltar que a partir da entrada da criança na escola até o momento da sua formação básica, os conceitos adquiridos farão parte do seu repertório de subsunçores a cada novo contexto estabelecido. Moreira e Masini (2001, p. 44) apontam três estágios na passagem de conceitos concretos para abstratos:

- aquisição gradual de um corpo organizado de abstrações de ordem mais alta, que provê as propriedades componentes e elementos relacionais que constituem atributos critérios de conceitos mais difíceis;
- aquisição gradual de termos transacionais, isto é, de palavras substantivas como estado, condição, propriedade, qualidade e relação e de termos funcionais ou sintáticos, como conjunções condicionais e expressões qualificadoras necessárias para relacionar abstrações umas com outras em modos característicos da definição de dicionário de novos conceitos;
- aquisição gradual da capacidade cognitiva em si que torna possível a relação de ideias abstratas à estrutura cognitiva sem o auxílio de apoio empírico-concreto. (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 44).

É importante ressaltar que o acréscimo dos subsunçores, a forma de adquirir os conceitos, não segue necessariamente uma ordem linear e que a linguagem adquirida pode limitar a aquisição de conceitos. Na medida em que os símbolos linguísticos adquiridos interferem diretamente a aquisição de novos conceitos, o aprendizado pode ser diferente para aprendizes em uma mesma faixa etária de idade e, além disso, sofrem influências também do local em que vivem (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 46).

A compreensão da forma como os conceitos são construídos e do desenvolvimento do aprendiz são indicadores para o desenvolvimento do material de instrução prévio. Conhecendo as diferentes maneiras de adquirir subsunçores, e conceitos temos condições de criar materiais de instrução que possam colaborar com desenvolvimento do aprendiz na educação formal.

Uma das dificuldades para o ensino é a forma de organizar o conteúdo para que o aprendiz consiga relacionar ideias pré-existentes com novos conceitos. Por esse motivo o professor precisa por vezes organizar a sequência de conteúdos visando facilitar a aprendizagem (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 47).

Para a aquisição de novos conceitos, como dito anteriormente, o material de instrução prévio precisa possuir em seu escopo uma lógica organizacional que considere o conhecimento prévio do estudante, que permita relacionar o novo conceito com seus subsunçores e, posteriormente, permita retomar conceitos que deveriam ser adquiridos com os pré-existentes, indicando que devemos partir, inicialmente, de um conceito geral para o específico, como discutem Moreira e Masini (2001, p. 46). Dessa forma, como discutem os autores, é necessário pensar em atividades de instrução que considerem essa organização prévia.

### **1.1.2. Revisão de trabalhos que utilizam a Teoria da Aprendizagem Significativa**

Com o intuito de identificar trabalhos com proposta similar à desenvolvida neste trabalho, foi realizada uma busca no banco de teses e dissertações da CAPES utilizando como termo de busca inicial “Aprendizagem Significativa e ensino de Física”. Em um refinamento da busca foram acrescentados os filtros tais como: “ensino de Física para o ensino médio”, “ensino de Termodinâmica”, “ensino de Ondulatória”, “Clima Terrestre”, “Interior da Terra”

e “Interdisciplinaridade” nos quais a TAS tivesse sido utilizada. Tal busca resultou em seis trabalhos.

A dissertação de Elisiane da Costa Moro (2015) – “Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade Promovendo Aprendizagem Significativa” – teve como objetivo avaliar a proposta metodológica da IIR, com o tema gerador “As descargas elétricas no Brasil”, e utilizando a TAS. Foi aplicada uma IIR em 2013 e 2014, em um colégio público da cidade de Caxias do Sul, para alunos da terceira série do ensino médio. Moro (2015) afirma que o envolvimento dos estudantes em relação ao tema gerou aprendizagem significativa e que a interdisciplinaridade foi observada quando esses estudantes conseguiram fazer a contextualização com ponto de vista social, econômico, ambiental e científico. Tais atividades, segundo a autora, proporcionaram alfabetização científica e a uma aprendizagem duradoura.

Ricardo Dalke Meucci (2014), produz sua dissertação de mestrado com enfoque em tecnologias da informação e comunicação, com título “Experimentos Sobre Leis de Conservação Para o Ensino de Física no Ensino Médio Baseados em Tecnologias Livres”. O trabalho foi desenvolvido no Colégio da Polícia Militar de Curitiba, no ano de 2013, para estudantes da segunda série do ensino médio e seu objetivo era explorar técnicas de vídeo análise para o aprendizado do conceito das Leis de Conservação. Meucci (2014) inicialmente analisou o conhecimento prévio dos estudantes por questionários e, em seguida, aplicou atividades potencialmente significativas com o intuito de promover nos estudantes maior domínio sobre as argumentações e sustentação de seus pontos de vista. Vídeos e recursos computacionais foram usados como uma ferramenta que proporcionou aprendizagem significativa. Meucci (2014) afirma que o uso da TAS gerou indícios de aprendizagem significativa. A dissertação de Graziely Ameixa Siqueira (2015), com o título “Desenvolvimento de Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa Para o Ensino do Conceito de Ondas” teve como objetivo aproximar o estudo sobre ondas mecânicas à realidade do estudante, ao contexto social do indivíduo. A autora aplicou uma UEPS em um colégio público do estado do Espírito Santo, para estudantes do ensino médio, norteadas por três eixos:

A análise de dados se baseou em três eixos que nortearam o trabalho: a valorização do conhecimento prévio, a importância de proposição de situações-problema e a ênfase na apresentação do conteúdo de modo a promover a diferenciação

progressiva e a reconciliação integrativa no contexto da matéria de ensino. (SIQUEIRA, 2015, p. 9)

Siqueira (2015) verificou diversos subsunçores pré-existentes que serviram como conhecimento de ancoragem e que direcionaram a aplicação da UEPS. Após o fechamento da sequência didática e análise dos dados, concluiu-se que a UEPS gerou uma dinâmica que proporcionou a aprendizagem significativa. A autora também chama a atenção para a necessidade do professor de mediar a construção de significados aliado ao uso de materiais de instrução potencialmente significativos, rompendo com o aprendizado mecânico e levando o estudante a conceitos de maior complexidade.

Dissertação realizada por Pedro David Pedroso (2015), com o título “O Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação na Promoção da Aprendizagem da Termodinâmica”, também demonstra a importância da TAS para um aprendizado significativo. Pedroso (2015) desenvolve o seu trabalho sobre a linha de pesquisa das Tecnologias, Informação e Comunicação (TIC) considerando que

nesta sociedade atual influenciada pelos recursos das tecnologias e estas influenciando a vida de todos no sentido de um novo pensar as relações sociais, provocando uma nova forma de acesso e produção do conhecimento, acreditamos que estamos sendo cobrados constantemente rumo a uma aprendizagem contínua em um caráter de inconclusão. (PEDROSO, 2015, p. 23)

Pedroso (2015) argumenta que o uso de diferentes meios de tecnologias pode propiciar uma aprendizagem significativa em uma sociedade que se altera de acordo com os avanços tecnológicos. O autor afirma que o contexto histórico do saber da Termodinâmica deve ser explorado e não somente as equações que descrevem os fenômenos físicos, assim como das TIC, para que esse conhecimento seja relevante ao estudante e estimule um aprendizado que seja duradouro. O autor analisa o conhecimento prévio dos estudantes e desenvolve um trabalho sobre mapas conceituais com estudantes da segunda série do ensino médio. Após o desenvolvimento de todas as aulas, usando simuladores virtuais de experimentos de Termodinâmica como ferramenta de aprendizagem, chega à conclusão que considerar o conhecimento prévio do estudante e que o professor seja o mediador entre material de instrução e estudante são fundamentais para gerar aprendizagem significativa:

percebe-se como é importante mostrar a parte teórica e prática do conhecimento, pois percebemos que o aluno de forma geral não conhecia o princípio de

funcionamento de um trem bastante conhecido como Maria Fumaça. É preciso contextualizar o conhecimento, resgatar a história desse meio de transporte, o que ele representou para a sociedade. Muitas vezes ensinam fórmulas, sem saber nem para que servem, sem significado algum, apenas para satisfazer os interesses externos pelas avaliações. (PEDROSO, 2015, p. 77)

Segundo Pedroso (2015), houve, de certa forma, um aprendizado, pela observação dos mapas conceituais produzidos pelos estudantes:

Em determinado momento da intervenção, os alunos construíram em equipes mapas conceituais, que foram de fundamental importância como ferramenta para análise de como os alunos conseguiram organizar em sua estrutura cognitiva os conhecimentos fundamentais das duas leis da Termodinâmica, evidenciando que houve de certa forma uma aprendizagem. (PEDROSO, 2015, p. 98)

O trabalho de Pedroso (2015) aponta, assim como as outras dissertações apresentadas, a relevância de nos apropriarmos da TAS como base para essa dissertação, na perspectiva de tornar o conteúdo relevante aos estudantes, permitindo um aprendizado que transcenda as avaliações escolares, possibilitando um aprendizado duradouro, formando cidadãos que consigam decidir sobre diversos temas da ciência e tecnologias.

Finalizando os trabalhos encontrados no Portal de Dissertações e Teses da CAPES, temos a dissertação realizada por Joel José de Medeiros (2014), com o título “Movimento Browniano em um Curso de Termodinâmica Para o Ensino Médio: Uma proposta inspirada na perspectiva Ausubeliana de Aprendizagem Significativa”, em que se propõe aos estudantes a explicação por desenhos ou textos acerca de dois experimentos: do movimento aleatório identificável com o movimento browniano e a difusão de uma gota de leite na água. Os desenhos e explicações prévias dos estudantes são confrontados com os experimentos de forma a estimular, a aguçar, o interesse sobre o assunto que será abordado que é a relação das leis da Termodinâmica na perspectiva microscópica. Medeiros (2014) usa um simulador que demonstra o primeiro experimento e leva os estudantes a verificarem/confrontarem as suas previsões com o que está sendo observado pelos experimentos físicos e virtuais. Após esse período de experimentação e observações, nas aulas posteriores são desenvolvidos os novos conceitos na perspectiva TAS, nas quais Medeiros (2014) observa envolvimento dos alunos, motivados a conseguir relacionar a teoria e a prática. O autor afirma que na aprendizagem significativa, o material de instrução com a mediação do professor proporciona um aprendizado duradouro.

## 1.2. Interdisciplinaridade

Dentre as qualificações desejadas para um professor da educação básica destaca-se a preparação para práticas interdisciplinares. Conforme Fazenda (2000), diversas tentativas de se formar profissionais que possam trabalhar com propostas interdisciplinares vêm sendo realizadas. Historicamente, essa necessidade ganha força a partir de um movimento que se inicia na Europa, em 1960, principalmente na França e na Itália, contrariando o pensamento fragmentado de construção do saber do século XIX (GEBARA, 2018, p. 195, tradução nossa).

A partir do século XIX o conhecimento científico se avoluma e tem início um processo de fragmentação do saber, culminando com a consolidação de diferentes ciências. Tal movimento chega às nas escolas e a formação dos estudantes passa a ser pautada por uma hierarquização de disciplinas. O século XX é marcado pela dissociação entre os saberes e o avanço, em separado, de áreas específicas, tais como a Física, a Química e a Matemática, assim como das disciplinas de humanidades, como a Linguagem, a História, a Filosofia, a Sociologia etc. (FAZENDA, 2002).

A fragmentação dos conhecimentos, intensificada no século XX, vem formando, no âmbito escolar, gerações que não conseguem relacionar os saberes, o que acaba por fortalecer um pensamento unilateral e hierárquico, comprometendo a participação nas decisões globais em relação às ciências (FAZENDA, 1998).

Na década de 1960, período de transformações profundas na sociedade pós-guerra, tem início um movimento que propõe mudanças no ensino, especialmente de Ciências. Dentre as propostas que emergem a partir da segunda metade do século XX, a interdisciplinaridade propõe uma aproximação entre saberes, dentre os quais, os conhecimentos científicos.

Em 1969, na França, a UNESCO propõe o primeiro congresso sobre interdisciplinaridade, cujo foco foi tornar clara a percepção de que o conhecimento científico não conseguiu eliminar os problemas sociais. Nesse sentido, discutiu-se a necessidade de uma formação integral, em que os estudantes conseguissem compreender a ciência como única – embora com especificidades próprias de cada área - não fragmentada e sem hierarquias (FAZENDA, 2008, p. 165).

No Brasil, os primeiros grupos de pesquisa sobre interdisciplinaridade foram formados no final da década de 1960. Segundo Fazenda (2008), é possível identificar três diferentes abordagens nas pesquisas: na década de 1970, a preocupação centrava-se na busca de uma definição de interdisciplinaridade; nos anos 1980, buscava-se explicar o método interdisciplinar; e na década de 1990, o foco retorna para a definição teórica de interdisciplinaridade.

É importante destacar que propostas interdisciplinares não têm em perspectiva anular a contribuição de cada ciência em particular, pois, reiteramos, existem especificidades nas áreas do conhecimento que são fundamentais. Da mesma forma, o estabelecimento de relações entre as disciplinas e áreas do conhecimento não deve admitir uma cultura que estabeleça supremacia de umas em relação às outras. Nesse sentido, antes de apresentarmos algumas definições de interdisciplinaridade encontradas na literatura, é necessário discutir o significado da palavra disciplina, raiz de quatro termos afins e que muitas vezes se confundem: pluridisciplinaridade, multidisciplinaridade, transdisciplinaridade e interdisciplinaridade.

Disciplina, segundo Queiroz (2003, *apud* GEBARA, 2009), pode ser sinônimo de ciência, especialidade, matéria; é o conjunto de saberes, conteúdos, procedimentos, códigos que formam uma área do conhecimento. Tal denominação, adotada no início do século XVIII nas universidades, foi, posteriormente, transposta para a educação básica, etapa de formação de crianças e jovens (GEBARA 2018, p. 195, tradução nossa).

Por outro lado, e apenas para situar brevemente o leitor, também há diferenças significativas na interpretação dos termos pluridisciplinaridade, multidisciplinaridade e transdisciplinaridade. Considerando que há inúmeros trabalhos na literatura discutindo esses significados (JANTSCH, 1972; DELLATRE, 1973; PALMADE, 1979), encontramos na obra “Contribuição para um vocabulário sobre interdisciplinaridade” (POMBO, 1994) uma importante contribuição para essa discussão na medida em que apresenta o pensamento de diversos autores de forma sintetizada.

Para multidisciplinaridade são apresentadas as seguintes definições:

Conjunto de disciplinas justapostas sem nenhuma cooperação entre elas (JANTSCH, 1972).

Quando a solução de um problema requer a obtenção de informações de uma ou mais ciências ou sectores do conhecimento, sem que as disciplinas que são

convocadas por aqueles que as utilizam sejam alteradas ou enriquecidas por isso (PIAGET, 1972).

A multidisciplinaridade orienta-se para a interdisciplinaridade quando as relações de interdependência entre as disciplinas emergem. Passa-se então do simples «intercâmbio de ideias» a uma cooperação e a certa compenetração das disciplinas (PALMADE, 1979).

Justaposição de disciplinas diversas, às vezes sem relação aparente entre elas (BERGER,1994). (POMBO, 1994, p. 12)

Em todas as definições percebe-se que há uma limitação inerente ao conceito: a justaposição sem relação e/ou cooperação. Mesmo Palmade, que aparentemente tem uma visão menos restritiva, em verdade está falando da transição da multidisciplinaridade para a interdisciplinaridade.

Quanto à pluridisciplinaridade, temos:

Justaposição de especialistas estranhos uns aos outros. Ponto de vista estritamente qualitativo e algo ingênuo. Consiste em reunir pessoas que nada têm em comum, cada qual falando sem escutar os outros aos quais nada tem a dizer e dos quais nada quer ouvir (GUSDORF, 1990).

Justaposição de disciplinas mais ao menos próximas nos seus campos de conhecimento (BERGER,1994).

Cooperação de caráter metodológico e instrumental entre disciplinas e que não implica uma integração conceptual interna (PALMADE, 1979).

Colaboração em equipa de especialistas de diversas disciplinas (THOM, 1990). Colocação face a face de diversas disciplinas visando a análise de um mesmo objeto e sem implicar a elaboração de uma síntese (RESWEBER, 1981).

Simple associação de disciplinas que concorrem para uma realização comum, mas sem que cada disciplina tenha que modificar sensivelmente a sua própria visão de coisas e os seus métodos próprios (DELATTRE, 1973). (POMBO, 1994, p. 12)

Como é possível perceber, é bastante difícil diferenciar, a partir das definições apresentadas, multidisciplinaridade de pluridisciplinaridade. Dessa forma, há autores que consideram tratar-se do mesmo conceito.

Por outro lado, o mesmo consenso não se verifica com relação à transdisciplinaridade.

Desenvolvimento de uma axiomática comum a um conjunto de disciplinas (BERGER, 1994).

Integração global das várias ciências. À etapa das relações interdisciplinares sucede-se uma etapa superior, que seria a transdisciplinaridade que, não só atingiria as interações ou reciprocidades entre investigações especializadas, mas também situaria estas relações no interior de um sistema total, sem fronteiras estáveis entre as disciplinas. Tratar-se-ia de uma teoria geral de sistemas ou estruturas que incluiria estruturas operativas, estruturas regulatórias e sistemas probabilísticos e que uniria estas diversas possibilidades por meio de transformações reguladas e definidas (PIAGET, 1972).



A transdisciplinaridade corresponde a 'um grau último de coordenação susceptível de existir num sistema de educação e inovação'. É uma etapa avançada relativamente à interdisciplinaridade (JANTSCH, 1972).

A transdisciplinaridade evoca uma perspectiva de transcendência que se aventura para além dos limites do saber propriamente dito em direção a uma unidade de natureza escatológica. Se cada disciplina propõe um caminho de aproximação ao saber, se cada aproximação revela um aspecto da verdade global, a transdisciplinaridade aponta para um objeto comum, situado além do horizonte da investigação epistemológico, nesse ponto imaginário em que todas as paralelas acabam por se encontrar (GUSDORF, 1990). (POMBO, 1994, p. 13)

A transdisciplinaridade, considerada utópica para Fazenda (2000), considera o conhecimento como sendo único, sem a separação das disciplinas. Nesses termos, a transdisciplinaridade vai além da interdisciplinaridade e está mais distante do estudo proposto nesse trabalho.

Por existirem diferentes definições de interdisciplinaridade, e para tentarmos entender o que caracteriza uma prática multi, pluri, trans ou interdisciplinar, apresentaremos algumas definições de interdisciplinaridade e discutiremos aquela que mais se aproxima de nossa visão como educadores.

O prefixo "inter" não indica apenas uma pluralidade, uma justaposição; evoca também um espaço comum, um fator de coesão entre saberes diferentes. Os especialistas das diversas disciplinas devem estar animados de uma vontade comum e de uma boa vontade. Cada qual aceita esforçar-se fora do seu domínio próprio e da sua própria linguagem técnica para aventurar-se num domínio de que não é o proprietário exclusivo. A interdisciplinaridade supõe abertura de pensamento, curiosidade que se busca além de si mesmo (GUSDORF, 1990).

Princípio de organização que visa a coordenação dos temas, dos conceitos e das configurações disciplinares (JANTSCH, 1972).

Intercâmbio mútuo e integração recíproca entre várias ciências. Esta cooperação tem como resultado um enriquecimento recíproco. (PIAGET, 1972).

Cooperação de várias disciplinas científicas no exame de um mesmo e único objeto (MARION, 1978).

Tentativa de elaboração de um formalismo suficientemente geral e preciso que permita exprimir na única linguagem dos conceitos, as preocupações e as contribuições de um número considerável de disciplinas que, de outro modo, permaneceriam acantonados nos seus dialetos respectivos (DELATTRE, 1973).

A interdisciplinaridade ultrapassa a pluridisciplinaridade porque vai mais longe na análise e confrontação das conclusões, porque procura a elaboração de uma síntese a nível de métodos, leis e aplicações, porque preconiza um regresso ao fundamento da disciplina, porque revela de que modo a identidade do objeto de estudo se complexifica através dos diferentes métodos das várias disciplinas e explicita a sua problematicidade e mútua relatividade (RESWEBER, 1981). (POMBO, 1994, p. 14)

Das definições apresentadas é possível perceber que a interdisciplinaridade vai além da integração dos conteúdos ou métodos ou de relacionar um único conteúdo com diversas disciplinas. Implica em possuir em comum, além do conteúdo, objetivos e avaliação, além de

ser um trabalho coordenado. Quando ocorre a interdisciplinaridade existe um aprofundamento no conhecimento de todas as disciplinas envolvidas. As fronteiras que delimitam as disciplinas não deixam de existir, mas a compreensão mais profunda do conteúdo permite uma visão global do conhecimento. Além disso, o estudante, embora considerando as particularidades de disciplinas e de áreas distintas do conhecimento, compreende que essas se relacionam.

De acordo com Fazenda (2011), para existir de fato interdisciplinaridade precisa haver integração efetiva entre disciplinas, de maneira a transformar a realidade do estudante. Quando o estudante é exposto a um conhecimento interdisciplinar, entende que teoria e prática não são dissociados, o que o leva a um nível de compressão do conhecimento de forma global.

Para a interdisciplinaridade há necessidade de mudança de atitude do professor e do estudante. É necessário entender que não se trata de eliminar disciplinas, como Física, Química, Biologia, História etc., mas compreender que essas e outras disciplinas podem possuir pontos em comum e que precisamos de estratégias para que esses pontos sejam trabalhados na teoria e na prática, ultrapassando as fronteiras das disciplinas. A educação interdisciplinar acontecerá, efetivamente, quando não existir a hierarquização do conhecimento, como afirma Pombo (1998, p. 2).

A atitude educacional interdisciplinar explora o fato de que nenhum conhecimento está acabado, mas que o limite de um conhecimento conduz a novos conhecimentos ou ainda ao acesso de outras áreas de conhecimento já estabelecidos, tendo sempre como perspectiva a convergência para objetivos comuns. Com isso, espera-se que o estudante durante e após a educação básica tenha condições de relacionar diversos conhecimentos em sua vida prática. Para que isso aconteça, é necessário que o professor apresente a relação entre os saberes. A interdisciplinaridade vem a favor dessa visão global do conhecimento e da formação de um cidadão crítico, agente de mudanças em seu meio social.

Quando não existem interações entre as disciplinas, cada uma fechada em suas especificidades, delimitando ou restringindo o seu alcance em possíveis campos de atuação, o processo educacional fica comprometido. Nesse sentido, projetos interdisciplinares possibilitam entender que o desenvolvimento do saber, o acúmulo de conhecimento científico, são agentes de transformação social, tendo em vista que o ser humano produz ciência para seres humanos, portanto as ciências possuem um caráter social.

Não se propõe que a interdisciplinaridade seja a solução dos problemas educativos, mas sim um caminho para refletir sobre a necessidade de mudanças no papel da educação e da educação científica. Dessa forma,

Entendemos que o enfoque interdisciplinar favorece a integração dos conhecimentos, sem que seja necessário abolir o conhecimento disciplinar, através de conceitos, métodos e estruturas teóricas de diferentes disciplinas, contribuindo para reduzir as abstrações, comuns no ensino de Ciências, que afastam o objeto de estudo do mundo real (GEBARA, 2009, p. 87).

Nesse sentido, a interdisciplinaridade “permite que os estudantes tenham uma formação mais geral e o desenvolvimento de competências e habilidades que lhes permitam continuar aprendendo fora do ambiente escolar, através da busca e análise de informações” (GEBARA, 2009, p. 88). A atividade interdisciplinar pode proporcionar condições para que o aprendiz/estudante consiga perceber e interpretar o conhecimento adquirido de diversas formas, especialmente no momento atual, em que as transformações tecnológicas são resultantes da relação entre vários saberes.

Além de contribuir para a formação de cidadãos críticos, responsáveis com a ambiente e capazes de refletir sobre questões cotidianas que envolvem conhecimentos científicos, é inegável que a educação em Ciências também está ligada à formação de cientistas. Sendo assim, é importante desenvolver o senso crítico, apresentar os limites do conhecimento e a necessidade de diálogo entre os saberes, como afirma Fazenda (2000). Portanto, as fronteiras entre as disciplinas devem ser ultrapassadas, para que existam relações dinâmicas entre diferentes disciplinas, aliando-se aos problemas da sociedade (FAZENDA, 1998).

### **1.3. Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR)**

Compreender ensino e aprendizagem como processo único implica em planejar atividades de ensino que sejam adequadas à teoria de aprendizagem considerada. Nessa perspectiva, defendemos que interdisciplinaridade e aprendizagem significativa constituem-se, respectivamente, em metodologia de ensino e teoria de aprendizagem que devem fazer parte do dia a dia da educação básica.

Como vimos anteriormente nesse capítulo, uma abordagem interdisciplinar propicia ao estudante uma visão integrada do conhecimento, particularmente do conhecimento

científico. Indo além, abordagens interdisciplinares associadas a problemas reais e/ou questões sociais contribuem para que o aprendiz atribua significado ao conhecimento.

O enfoque interdisciplinar possibilita que os estudantes tenham uma formação mais ampla e que desenvolvam competências e habilidades que permitem continuar aprendendo fora do ambiente escolar, através da busca e análise de informações (GEBARA, 2009, p. 78).

Por outro lado, uma vez definida a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003) como marco teórico para este trabalho, considerou-se como princípio fundamental que “o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa”, segundo Ausubel citado por Moreira (2017). Além disso, também é essencial que no início das atividades sejam utilizados recursos didáticos diferentes dos adotados no processo de ensino. Chamados de organizadores prévios, costumam apresentar um nível de exigência menor do ponto de vista de abstração e generalidade e sua função é servir de ponte entre o que o aluno sabe e o que deveria saber para que o novo conhecimento seja aprendido significativamente (MOREIRA, 2017).

Como organizador prévio pode-se utilizar uma situação problema, a qual, segundo Moreira (2017),

significa tarefa, não necessariamente problema de fim de capítulo; pode ser a explicação de um fenômeno, de uma aparente contradição, a construção de um diagrama, as possibilidades são muitas mas, independente de qual for a tarefa, é essencial que o aprendiz a perceba como um problema. Por exemplo, não adianta propor um “problema” que o aluno perceba apenas como um exercício de aplicação de fórmula. Situações-problema e conceitualização guardam entre si uma relação dialética: são as situações que dão sentido aos conceitos, mas à medida que o sujeito vai construindo conceitos mais capaz ele fica de dar conta de novas situações, cada vez mais complexas. (MOREIRA, 2017)

Sendo assim, optou-se pela utilização de uma estratégia conhecida por ilha interdisciplinar de racionalidade enquanto estratégia de ensino, partindo do pressuposto que os conhecimentos levarão a novos questionamentos e, por consequência, à busca de novas informações, transformando a realidade do aprendiz/estudante.

As ilhas interdisciplinares de racionalidade (IIR), descritas por Fourez (1997), visam aproximar os estudantes de situações do cotidiano, tornando-os mais críticos, autônomos e capazes de atuar de maneira incisiva na sociedade, como afirmam Siqueira e Gaertner (2015). Além disso, permitem promover o diálogo entre diferentes áreas do conhecimento e

direcionam o pensar do estudante para situações reais, fatores que podem conduzir a uma aprendizagem significativa.

Uma IIR inicia-se com uma pergunta que seja relevante aos estudantes/aprendizes, uma pergunta que desperte o interesse, que envolva diversas áreas do conhecimento, instigue a procura da solução, e responda de forma abrangente a situação problema. Trata-se de uma proposta metodológica de instrução que possui características de uma atividade potencialmente significativa, em que o objetivo é realizar uma aproximação entre diversas áreas do conhecimento. A apresentação do conteúdo se dá pelas relações entre diversas disciplinas, tornando possível ao aprendiz construir/associar o novo conhecimento com diversas áreas do saber humano.

Nessa proposta, o professor deixa de ser o único responsável pelo conhecimento; os aprendizes/estudantes participam em todas as etapas do processo, planejando e executando a proposta; são ativos na escolha dos materiais didáticos, dos critérios de avaliação, da forma de apresentar; e dos resultados da pesquisa. O professor passa a ser um negociador, que possui a responsabilidade de intervir quando necessário e contribuir com a visão global do conhecimento. O trabalho interdisciplinar exige do professor ensinar de forma plural, sem o conforto de uma sequência de conteúdos pré-estabelecidos, e as IIR apresentam situações problemas que ultrapassam as disciplinas. (SCHMITZ, 2004, p. 64).

A organização de uma atividade potencialmente significativa é apontada por Ausubel (2003) como critério básico para construção de um aprendizado significativo e as IIR vêm ao encontro dessa organização previa necessária. As ilhas interdisciplinares estruturam-se em cinco pontos fundamentais para sua execução: a finalidade do projeto, os destinatários, o tipo de produto, o tempo e o contexto (SCHMITZ, 2004, p. 65).

Com relação ao *contexto*, é necessário verificar qual é a base, o conhecimento de ancoragem dos aprendizes para o novo conhecimento que será exposto. A *finalidade* do projeto, de estabelecer relações entre conhecimentos/áreas do conhecimento, não pode prescindir de um limite para as inter-relações, caso contrário a pergunta não será respondida. O perfil dos *destinatários*, incluindo nível de escolarização, idade, capital cultural e econômico, também deve ser considerado na proposta (SCHMITZ, 2004, p.66).

O *produto* a ser apresentado como resultado da pesquisa – ou seja, do ponto de vista da sistematização da aprendizagem e da avaliação dos resultados – pode se ser apresentado na forma de seminários, jogos, confecção de maquetes, teatro, produção de documentários, blogs

ou outras modalidades de comunicação na internet, relatórios orais ou escritos etc., e, finalmente, o *tempo* necessário para desenvolver o projeto deve ser pensado para sua otimização (SCHMITZ, 2004, p. 66).

As formas como o professor irá organizar os questionamentos dos alunos, derivados da situação problema, são variadas e permitem que sejam utilizadas estratégias diversificadas, como História e Filosofia da Ciência, experimentação, abordagem na perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), além de diferentes tecnologias de informação e comunicação e, até mesmo, aulas expositivas, conforme o enfoque que o professor deseja aplicar (SCHMITZ, 2004, p.93).

Nesse trabalho, com base em diferentes definições de interdisciplinaridade e na proposta desenvolvida por Gebara (2009) com professores da educação básica, conduzimos uma atividade inspirada nas ilhas interdisciplinares de racionalidade. Consideramos que as IIR são situações problema que se apresentam através de uma pergunta geradora cuja resposta depende de conhecimentos de mais de uma disciplina. A situação problema deve ser significativa para os estudantes e, por esse motivo, para cada realidade escolar o ideal é que sejam propostas questões de interesse dos alunos. Essa questão geradora - chamada de caixa preta – deve ser desconhecida, instigadora, e sua resposta deve despertar curiosidade.

De acordo com Pietrocola (2003, *apud* SHIMITZ, FILHO, 2005), o contexto da situação problema deve ser/estar:

1. percebido pelos alunos como um problema;
2. adaptado ao nível de conhecimento dos alunos;
3. suficientemente instigador para que os alunos sintam a necessidade de abordá-lo;
4. executável no intervalo de tempo disponível;
5. passível de abordagens multidisciplinares;
6. percebido com relevância extraclasse;
7. considerar o fator humano.

Dentre todos os requisitos para a escolha da situação problema, existe um em especial que não é possível prever, o fator humano. O envolvimento do aprendiz/estudante é decisivo

para que ocorra a aprendizagem significativa e para que o aprendizado seja duradouro (AUSUBEL, 2003).

Conforme Siqueira e Gaertner (2015, p. 160), as IIR são baseadas em três fatores: autonomia do aprendiz/estudante para conseguir vivenciar conflitos e resolver situações problema; capacidade de se comunicar, visto que a comunicação é essencial para o desenvolvimento do ser humano; domínio e responsabilidade das situações nas quais está inserido. Assim, a atitude que o aprendiz/estudante adota é fundamental para o seu aprendizado.

Fourez (1997, p. 113, *apud* SIQUEIRA, GAERTNER, 2015, p. 164) propõe oito etapas no desenvolvimento de uma IIR, sendo que essas etapas não precisam seguir uma ordem linear e estão abertas a modificações (SIQUEIRA, GAERTNER, 2015, p. 164 ). São elas:

1. *Pergunta Clichê* - deve ser desenvolvida a partir de um contexto no qual os estudantes foram desafiados a aprender. A partir dessa pergunta, faz-se o levantamento de ideias (chuva de ideias), que são novas perguntas geradas pelos aprendizes/estudantes. Siqueira e Gaertner (2015, p. 165) apontam que essas novas perguntas podem conter diversos erros de conceitos, preconceitos, conhecimentos de senso comum, por esse motivo o professor deve, inicialmente, estabelecer um objetivo que permita direcionar a proposta e, por consequência, expandi-la;
2. *Elaboração de um Panorama Espontâneo*, é a ampliação da chuva de ideias originada da pergunta clichê. Nessa etapa, o professor seleciona as perguntas dos aprendizes/estudantes (ou perguntas acrescentadas pelo professor), dando forma à proposta, sempre em função do objetivo inicial. A seleção das perguntas tem como intuito direcionar o trabalho, delineando segundo os interesses das situações que queremos explorar;
3. *Consulta ao Especialistas e às Especialidades*: A partir do delineamento realizado pelo professor, os aprendizes/estudantes decidem quais especialistas devem consultar, momento em que a autonomia é estimulada. Precisam refletir sobre as respostas, se devem ser acreditadas ou se será necessário recorrer a uma segunda opinião. Siqueira e Gaertner (2015, p. 166) expõem que nessa fase as

regras, as limitações e objetivos expostos anteriormente tomam forma; a teoria se aproxima da prática; aproxima-se do cotidiano do aprendiz/estudante. Assim, espera-se que o aprendiz/estudante busque novas estratégias de pesquisa, consiga pensar de forma global sobre o conhecimento, relacionar as áreas dos saberes, aprenda pensar interdisciplinarmente;

4. *Ir à Prática*: É a etapa que se caracteriza pelas relações que os aprendizes/estudantes podem estabelecer entre a teoria acadêmica e a prática tecnológica aprendida com os especialistas. Nessa etapa, os aprendizes/estudantes devem perceber a relação interdisciplinar existente entre os saberes;
5. *Aprofundamento do Conhecimento*: Os aprendizes/estudantes precisam avançar sobre a especificidade da área de estudo, compreender em profundidade o(s) conhecimento(s) científico(s) abordados na IIR; é a oportunidade dentro da IIR de conhecer em detalhes um tópico em específico;
6. *Esquemáticação*: Nessa fase os estudantes decidem, em conjunto, como farão a materialização do que foi pesquisado e aprendido. A materialização é a forma da apresentação da IIR, em que os aprendizes/estudantes expõem os resultados a partir do objetivo estabelecido inicialmente. A forma de exposição deve fugir às avaliações tradicionais. Pode ser feita através de documentários, apresentações em feiras de ciências, artigos e resenhas que exponham os resultados alcançados;
7. *Aprofundamento* - É caracterizada pela ação do professor que gerencia a IIR, é o momento em que o professor propõe um aprofundamento maior em vista do que já foi delineado sobre o assunto e do que ainda é possível avançar. Esse aprofundamento do conhecimento é realizado pelos estudantes sem a colaboração de um especialista. A autonomia é estimulada e os aprendizes podem ser instruídos a pesquisar em livros, revistas, artigos ou até mesmo com os conhecimentos adquiridos pelo grupo;
8. *A Finalização da IIR* - Caracteriza-se pela síntese dos estudantes sobre o que produziram, o que foi pesquisado e aprendido. Uma das bases da IIR é a comunicação, por esse motivo os aprendizes/estudantes precisam desenvolver a escrita. As formas com que os estudantes desenvolvem a síntese podem ser



diversas, mas é importantíssimo que a síntese tenha o registro da interdisciplinaridade.

As IIR, como apresentado, possuem caráter provocador, iniciando-se com uma situação problema, que irá estimular novas perguntas e proporcionará novos saberes. A situação problema gerada pela IIR possibilita ao estudante uma análise de valores e atitudes envolvendo a realidade e promove novos modos de perceber o mundo, de agir, de pensar e de ser, pela maneira que o conteúdo, a disciplina foi apresentada, levando a sua compreensão para algo muito maior, envolvendo-o na proposta e fazendo com que tenha um aprendizado significativo.

#### **1.4. Contribuições das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade à Aprendizagem Significativa**

Nehiring (2002) aponta no artigo intitulado, “**As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos**” que os estudantes não conseguem perceber as relações entre o que se aprende no ambiente escolar e o cotidiano para resolução de problemas. Nas palavras do autor, “A dicotomia gerada entre o conhecimento escolar e o conhecimento do cotidiano desqualifica o primeiro, conferindo-lhe apenas um status de “verniz” cultural” (NEHIRING, 2002).

Partindo desse pressuposto, Nehiring (2002) desenvolve uma proposta de ensino que tem a intenção de representar situações do cotidiano, nesse caso, foi realizado um trabalho sobre “banho saudável”, para oitava série do ensino fundamental, na forma de uma IIR.

Com já apontado no Capítulo 1 dessa dissertação, quando são utilizadas as IIR, os estudantes são estimulados a criarem elaborarem perguntas, chamadas de caixa preta. Nehiring (2002) destaca que tais perguntas, que versaram sobre potência elétrica, efeito Joule, lei de Ohm, tipos de aquecimento e de chuveiros, tempo necessário para o banho, efeito da temperatura sobre o organismo humano, questões de segurança deram início à IIR (NEHIRING, 2002). Após a abertura das caixas pretas, ou seja, a busca por respostas às perguntas, houve, segundo o autor, aproximação do conhecimento escolar com o cotidiano do estudante, contribuindo para alfabetização científica apontada por Gerard Fourez (1997).

Contudo, Nehiring (2002) também aponta que o professor precisa estar preparado em relação à abertura das caixas pretas, para indicar aos estudantes como proceder para a realização da pesquisa e quais profissionais devem ser consultados. Para o autor, o professor é o responsável em viabilizar a relação interdisciplinar.

Outro trabalho de aplicação de IIR, realizado por Bettanin (2003) na disciplina de Física, contemplou conteúdos de Termodinâmica e foi iniciada com o seguinte questionamento: “Como devemos proceder para manter uma residência de um pavimento, de 60m<sup>2</sup>, situado na região sul do Brasil, com temperatura ambiente de 20°C”. A partir dessa questão, a autora dividiu os estudantes participantes em grupos, para otimização do trabalho de responder às 86 perguntas derivadas da geradora.

Essas questões foram organizadas em blocos de conhecimento (Música, Artes, História e Engenharia, Sociedade e Geografia, Química, Biologia e Física) e, após essa organização, os estudantes estabeleceram seus próprios critérios de escolha das perguntas a serem respondidas, como aponta Bettanin (2003). De acordo com o autor, em sua maioria, as perguntas escolhidas foram aquelas que os estudantes consideravam relevantes ao seu cotidiano. O resultado das pesquisas dos estudantes foi apresentado na forma de seminários, concluindo a IIR.

Bettani (2003) expõe que existiu interdisciplinaridade durante a aplicação da IIR e que os estudantes, em sua maior parte, tiveram envolvimento com a proposta. A autora, chama a atenção para o fato de que

Assim, a formação básica deixará de privilegiar conteúdos destinados aos que pretendem prestar vestibular e passará realmente a promover uma formação mais geral. Sendo assim, a Alfabetização Científica e Técnica surge como uma alternativa para o currículo de ciências, no sentido de dar significado e eficácia à educação científica. Contudo é importante assinalar o alerta de Fourez: quando se pretende atuar e criar um trabalho interdisciplinar é necessário um certo preparo, tanto dos alunos, quanto dos professores. (BETTANI, 2003, pág.143)

Os trabalhos apresentados discutiram a aplicação da IIR apropriando-se da TAS, demonstraram ser possível realizar essa aproximação de forma a contribuir com a nossa proposta de interdisciplinaridade.

## **CAPÍTULO 2**

### **Um pouco de Física e Geociências**

Nesta seção pretende-se apresentar conceitos físicos e de geociências relacionados ao clima na atmosfera, à superfície terrestre e ao modelo do interior da Terra, junto aos fatores que podem influenciar o sistema Terra como um todo.

Especificamente, é possível notar que se destaca a explanação conceitual ao invés da matemática. Isto é proposital.

#### **2.1 Física e Geociências: Uma boa parceria?**

Encontramos em nota da Sociedade Geológica Inglesa, citada por Gebara (2009), que as Geociências incluem:

Todas as Ciências (Geologia, Geofísica, Geoquímica) que estudam a estrutura, evolução e dinâmica do planeta Terra, suas fontes minerais e de energia. As Geociências investigam os processos que conduziram a Terra à sua forma atual, ao longo de uma história de 4,6 bilhões de anos, relacionando-se com o mundo real – além dos laboratórios – com relevância direta para as necessidades da sociedade. (2007, p.5, tradução nossa). (GEBARA, 2009, p.21)

Na mesma linha, Lacreu (2000, *apud* GEBARA, 2009, p.21) argumenta que as Geociências têm como objeto de estudo a Terra e que através de um conjunto de disciplinas científicas tenta compreender os processos que ocorrem no planeta e sua evolução.

Atualmente, as Geociências fazem uso de conhecimentos de diferentes ciências - tais como a Física, a Química, a Biologia, as Ciências Espaciais, etc. – além da Matemática. Dessa forma, podemos entender que, para propósitos educacionais, “é possível inferir que o processo de raciocínio por ela exigido é capaz de auxiliar na solução de problemas relacionados ao ensino de Ciências, por abranger diferentes aspectos da dinâmica da Terra e por proporcionar um tratamento integrado da questão” (GEBARA, 2009, p.23).

Carneiro, Toledo e Almeida (2004) defendem que “O conhecimento de Geologia proporciona compreensão mínima do funcionamento do planeta e lança as bases do efetivo exercício da cidadania” e que “é necessária a introdução de Geologia/Geociências como

ciência integradora da Física e da Química e que inclui muitos aspectos biológicos, não como fragmentos, tal como é sugerido nos PCNEM, mas como um todo íntegro”.

Ensinar Geociências é mais do que transmitir conhecimentos sobre Geologia, Geografia, Biologia, Química e Física. Trata-se de ação organizada que ultrapassa as atividades de conhecer, identificar, classificar, reconhecer agentes, atores, fatos, locais e acontecimentos que descrevam a Terra em sua totalidade estrutural, física, química, biológica e humana. Ensinar Geociências envolve desenvolvimento de raciocínios, processos de estabelecimento de relações, avaliação e análise de fenômenos que estão em constante interação no planeta, desde sua formação até hoje. São processos que se inter-relacionam, devido às permanentes e complexas relações entre matéria e energia. (CARNEIRO, SANTOS, 2012.)

Contudo, diferente de outros países, no Brasil os conteúdos de Geociências – ou Ciências da Terra – estão dispersos em diferentes disciplinas da educação básica: em Geografia e nas Ciências Naturais, no ensino fundamental; em Geografia, Química, Física e Biologia, no ensino médio. Soma-se a esse problema o precário conhecimento dos docentes dessas disciplinas sobre conhecimentos elementares de Geociências e a carência de materiais didáticos (PONTE, PIRANHA, 2018). Frente a essas dificuldades, perde-se a oportunidade de apresentar para os estudantes uma visão integrada de como a Terra funciona.

Compreendemos que a Geociência possui um caráter interdisciplinar e que permite a contextualizar os conhecimentos científicos, conforme discutem Carneiro e Santos (2012) Entendemos que o professor de Física pode contribuir para a formação do estudante ao discutir a complexidade do espaço onde vive e a dinâmica dos processos naturais, e, portanto, pode contribuir para formação de um cidadão que consiga se posicionar de maneira consciente, exigindo uma gestão responsável do planeta (CARNEIRO,SANTOS, 2012)

As características interdisciplinares das Geociências, apontadas por Carneiro e Santos (2012), podem também ser objetivos para o professor de Física que deseja uma prática em que sua disciplina não é ministrada com fim em si mesma, mas como uma estrutura de diversos conceitos que se relacionam em diversas áreas dos saberes humanos.

Ainda Carneiro e Santos (2012) apontam que o ensino de Geociências, necessariamente, interage com conhecimentos de diversas disciplinas:

As Geociências derivam das múltiplas perspectivas particulares de cada disciplina que as compõem; dessa forma, assumem caráter multidimensional e, portanto, exigem perspectiva globalizante e integradora de ensino. A abordagem de estudo da Terra, além de interdisciplinar, assume caráter multi e transdisciplinar, permitindo

criar intercâmbio entre as ciências envolvidas nessa tarefa.(CARNEIRO, SANTOS, 2012).

Creemos que, em vista do exposto, é possível afirmar que Física e Geociências estabelecem uma parceria que pode ser explorada nas salas de aula da educação básica, oportunizando práticas interdisciplinares. Dessa forma, apresentaremos a seguir os conteúdos de Geociências que foram abordados no processo de aplicação do produto educacional desenvolvido.

## **2.2 Conceito de Energia: Conhecimento de Ancoragem**

No capítulo apresentaremos alguns conceitos básicos de Física, especialmente de Termodinâmica e Ondulatória. Tais conceitos são necessários para a compreensão dos efeitos físicos da dinâmica da atmosfera e o do interior da Terra. Nesse sentido, tais conceitos estão associados ao conhecimento de ancoragem necessário para o desenvolvimento da proposta pedagógica.

Iniciaremos com a apresentação do conceito de energia, com uma breve revisão histórica e um exemplo prático de como contribuir para sua assimilação.

### **2.2.1 Breve revisão histórica do conceito de Energia**

O conceito de energia vem sendo construído ao longo de décadas. A primeira vez em que o termo energia foi usado pelo médico e físico Thomas Young, em 1807, estava relacionado à força (vis), como aponta Bucussi (2007, p.6). Por sua vez, o conceito de força (vis) foi empregado em diversas situações, como por exemplo, associado aos conceitos de calor e movimento, como expõe o autor.

Segundo Bucussi (2007), é possível estabelecer a seguinte cronologia para o emprego do termo força (vis), que nos dias atuais entendemos ser o conceito de energia e suas transformações.

- Galileu Galilei (1564-1642) em sua obra “Diálogo sobre Duas Novas Ciências” chegou a fazer considerações a respeito de regularidades observadas em processos de transformação envolvendo a força gravitacional, mais especificamente sobre o funcionamento do “bate-estacas”; também afirmava conservar-se o que entendia ser o ímpeto presente nos corpos em movimento;

- Leibniz (1646 – 1716) e Huygens (1629 – 1695) contribuíram para o desenvolvimento da ideia de conservação da vida em situações onde ocorrem colisões;
- Lagrange (1736 – 1813) em 1788 estabelece o que entendemos hoje como o princípio da conservação da energia mecânica;
- Joseph Black (1728 – 1799), Rumford (1753 – 1814) e Carnot (1796 – 1832) desenvolveram uma ideia de conservação dentro da própria “Teoria do Calórico”. (BUCUSSI, 2007, p.6).

O conceito de energia foi construído a partir de observações de vários pesquisadores, mas somente no século XIX foi empregado o termo que usamos atualmente (BUCUSSI, 2007). A compreensão do conceito energia e de como percebemos a sua manifestação quando associada ao movimento e ao calor revolucionou a compreensão do Universo nos anos subsequentes a 1850.

... as investigações sobre o conceito de energia protagonizaram uma revolução do pensamento científico europeu. Estas investigações estavam relacionadas a uma nova visão da natureza, uma visão a partir da qual se vislumbrava uma espécie de regularidade em diversos tipos de fenômenos físicos e químicos, estava se estruturando o Princípio de Conservação de Energia (BUCUSSI, 2007, p. 7).

Dessa forma, emergem no século XIX os conceitos de energia e também o conceito do calor como conhecemos hoje, como sendo uma forma de transferência de energia. Anteriormente ao século XIX entendia-se que o calor era um fluido e que estava associado à matéria, sendo uma substância. Contudo, com a publicação de Sadi Carnot, em 1824, da obra “Reflexões sobre o poder motor do fogo”, tornou-se a base do que conhecemos hoje como Termodinâmica, e com as contribuições de Rumford, Humphry Davy e Joule, a compreensão do conceito calor está associado ao movimento microscópico das moléculas (BUCUSSI, 2007, p.9).

Um outro conceito que se desenvolveu inicialmente de forma desconexa, é o de conservação de energia. Isso ocorreu porque em lugares diferentes, pesquisadores desenvolveram experimentos e, posteriormente, essas pesquisas foram reunidas e organizaram o conceito de conservação de energia. Pesquisadores como Watt, que em 1768 relacionou energia térmica em movimento (máquinas térmicas); Volta, em 1800, observou a transformação de energia química em elétrica (pilha); Oersted, em 1820, energia elétrica em magnética (eletroímã); Seebeck, em (1822), energia térmica em elétrica (termopar); Faraday, em 1831, energia magnética em elétrica (indução eletromagnética); e Joule, em 1840, elétrica em térmica (BUCUSSI, 2007, p.10).

A partir dessas contribuições, Joule, em 1849, procurando maior eficiência para as máquinas térmicas - e ainda usando o termo “força” para o calor - relaciona calor com o trabalho mecânico na proporção,  $1\text{cal} = 4,15\text{J}$ , com um desvio de apenas de 1% do valor atual. Sendo o seu objeto de pesquisa a relação entre as transformações possíveis do motor elétrico em trabalho e a máquina térmica em trabalho, o que chamava de “força” conhecemos como transformação de energia. Estabelece, então, o conceito de conservação de energia, seguido de outros pesquisadores que chegam à mesma conclusão como Mayer, que em 1847 generalizou o princípio de conservação de energia em uma lei universal que conhecemos hoje como a primeira Lei da Termodinâmica (BUCUSSI, 2007, p.13). Rudolf Clausius, em 1865, demonstra matematicamente esta lei, nesse momento em que o termo energia é empregado. Compreende-se, nesse momento, a relação entre calor e trabalho como transferência e transformação de energia. (BUCUSSI, 2007, p.14).

Resumidamente, apresentamos o desenvolvimento histórico de um conceito essencial para a aplicação das IIR, tendo em vista que o conhecimento de ancoragem passa pela aquisição de subsunçores, esse conhecimento prévio é fundamental. Continuando com essas reflexões, tomaremos um exemplo didático para estimular a assimilação do conceito energia e sua conservação por parte dos aprendizes/estudantes explorando um exemplo de Feynman (2008).

### **2.2.2 Energia**

Feynman (2008) apresenta uma analogia para a compreensão do conceito energia ao explorar a seguinte situação: imagine uma criança brincando, apenas em seu quarto, com 28 blocos de montar. No final do dia, sua mãe confere a quantidade de blocos e só encontra 27. Após algum tempo procurando, encontra o bloco que falta embaixo do sofá. No outro dia, a criança continua a brincadeira com os mesmos 28 blocos e, no final do dia, a sua mãe conta os blocos e descobre que faltam dois. Percebe que a janela está aberta e que os blocos se encontram do lado de fora, no jardim. Mas um dia, a mãe descobre no final do dia que existem 30 blocos! A mãe se pergunta: como isso é possível? Depois de pensar por algum tempo, lembra-se que o filho brincou com outra criança e que os blocos excedentes pertencem a ela (FEYNMAN, 2008, p.53).

A analogia apresentada por Feynman aborda o que conhecemos de energia: Entendemos por alguns cálculos que se trata de uma quantidade que se mantém constante em

sistemas fechados – o valor numérico é sempre o mesmo, independente da forma de energia, energia mecânica, energia elétrica, energia nuclear, energia magnética, energia química, no final o valor inicial da quantidade de energia é sempre o mesmo no final dos cálculos (FEYNMAN, 2008, p.54).

Independente das relações matemáticas que representam suas diferentes formas, os cálculos demonstram a conservação de algo que chamamos de Energia. Esses cálculos e a denominação dos modelos de energia e a compreensão de como ocorre a sua transformação explica diversos fenômenos naturais.

Feynman (2008) explica que existe uma lei universal sobre energia. A energia no Universo é conservativa (FEYNMAN, 2008, p.52).

Feynman nos chama atenção para uma situação que merece ser refletida em suas próprias palavras:

A analogia tem os seguintes pontos. Primeiro, quando calculamos a energia, as vezes parte dela sai do sistema e vai embora ou, outras vezes, parte entra no sistema. Para verificarmos a conservação de energia, devemos ter cuidado para não colocarmos ou retirarmos energia do sistema. Segundo, a energia tem um grande número de formas diferentes e existe uma fórmula para cada uma. Elas são: energia gravitacional, energia cinética, energia nuclear e energia da massa. Se totalizamos as fórmulas para cada uma dessas contribuições, ela não mudará, exceto quanto à energia que entra e sai (FEYNMAN, 2008, p.54).

Entendemos que existem diversas formas de energia, sabemos identificar diversas transformações de energia, mas algo que pode nós desafiar é entender o porquê a razão da sua existência e como veio a existir?

Apesar da complexidade da definição de energia, o entendimento do conceito de energia pode ser simplificado se analisado a partir de dois conceitos básicos: a energia cinética e a energia potencial. A Energia Cinética é a energia do movimento e a Energia Potencial é a energia armazenada (de diferentes formas em diversos sistemas físicos). (FEYNMAN, 2008, p.55).

Hewitt (2009), defini energia como sendo a propriedade de um sistema que o capacita realizar trabalho, e que nesse processo pode ocorrer a transformação de energia em calor. Sendo calor energia em transferência (HEWITT, 2009, p.104).



Outra observação em Hewitt (2009) explora é a dificuldade de compreender o que é energia, e porque existe, sabemos da sua associação com a matéria, em que o Universo é composto de energia e matéria, mas são conceitos diferentes (HEWITT, 2009, p.104).

A matéria pode ser vista, sentida e provada, a energia é abstrata, não podemos ver, sentir e provar, mas sabemos da sua existência pelo que pode realizar, Hewitt (2009), observa:

Embora a energia seja familiar para nós, é difícil defini-la porque ela não é apenas uma “coisa”, mas também um processo – similar a ser tanto substantivo quanto um verbo. Pessoas, lugares e coisas possuem energia, mas normalmente só observamos a energia quando ela está sendo transferida ou transformada (HEWITT, 2009, p. 104).

O conceito de energia nos leva ao estudo da Termodinâmica que estuda a energia interna das substâncias, chamada de energia térmica. Hewitt (2009) afirma que a energia térmica é a energia potencial das partículas somado com movimento das partículas a energia cinética, “elas se agitam aleatoriamente indo de um lado para o outro, girando e torcendo-se” (HEWITT, 2009, p. 181).

A partir da compreensão da energia interna de uma substância podemos avançar para as leis que regem a transferência da energia (calor) e o que pode realizar trabalho, são esses dois conceitos fundamentais que são explorados nas Leis da Termodinâmica.

Então é a partir da primeira Lei da Termodinâmica que se pode compreender os processos de transformação energética. Ela mostra que a energia em todos e quaisquer sistemas é finita e não pode ser criada, mais sim transformada. É a partir deste princípio de transformação e transferência de energia que o sistema e ciclos terrestres podem ser compreendidos (HEWITT, 2009, p. 181).

Matematicamente, a Primeira Lei da Termodinâmica será expressa pela equação:

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

Onde,  $\Delta U$  = variação de energia no sistema

$\Delta Q$  = variação quantidade de calor absorvido ou cedido pelo sistema

$\Delta W$  = variação de trabalho realizado ou sofrido pelo sistema

Nota-se a partir da equação que a transformação de energia ocorre através da troca de calor (Q) ou pela realização de trabalho (W). Por definição o calor é energia em transferência. Naturalmente, o fluxo está orientado de um corpo de maior energia térmica (maior temperatura) para um corpo de menor energia térmica (menor temperatura). Esse fenômeno pode ser entendido a partir da Lei Zero da Termodinâmica, que afirma que dois corpos de temperaturas diferentes quando em contato (ou pertencentes ao mesmo sistema), trocarão energia até que ambos entrem em equilíbrio térmico, atingindo a mesma temperatura.

Na meteorologia explicam Mendonça e Oliveira (2007) que a aplicação da primeira lei da termodinâmica costuma ser expressa da seguinte maneira: a temperatura do ar aumenta quando calor é adicionado ao sistema ou quando a pressão do mesmo aumenta. Esta última premissa está associada a realização de trabalho.

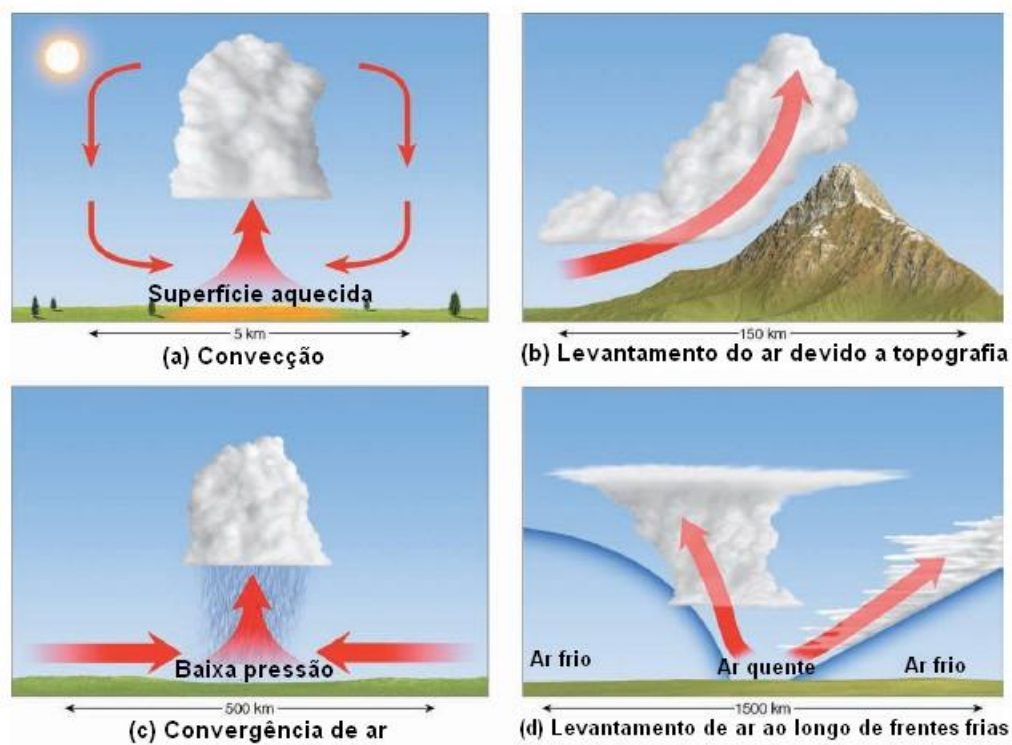
### **2.2.3 Processos de transferência de Calor**

Segundo Mendonça e Oliveira (2007), os fenômenos climáticos produzidos na troposfera resultam dos processos de transferência, transformação e armazenamento de energia e matéria que ocorrem no ambiente formado entre superfície e atmosfera. Dessa forma, conhecer os processos de transferência de calor (energia) torna-se fundamental.

Os processos de transferência de calor são: condução, convecção e irradiação. Na condução a transferência de calor ocorre pelo contato direto entre dois (ou mais corpos ou entes), com fluxo natural do corpo com maior temperatura para o de menor temperatura. Neste processo, a transferência ocorre entre cada molécula adjacente a partir de sucessivas colisões. Por exemplo, o calor que emana da lava vulcânica aquece rochas adjacentes que, por sua vez, aquecem a água em reservatórios naturais que podem (caso o reservatório possua acesso à superfície) dar origem a um gêiser.

A convecção é a transferência de calor que se ocorre pelo movimento de partículas a partir das diferentes densidades. Um exemplo desse processo ocorre quando a superfície terrestre aquece o ar, ele se expande. Sendo o ar quente menos denso que o ar mais frio adjacente, o ar mais denso e mais frio desce por influência da gravidade o ar menos denso e aquecido a se eleva.

A gravidade tende a eliminar ou diminuir a diferença de temperatura, misturando ar quente e frio, sabe-se que o ar quente se torna menos denso com maior energia cinética, tendo condições de subir, mas quando, mas alto chega existe a transformação de energia cinética em potencial gravitacional, tornando mais denso. A Figura 1 exemplifica o processo de convecção do ar e água no processo de renovação do sistema hídrico. Outros processos relacionados com a convecção são a advecção e condensação. Na advecção ocorre um volume de ar é forçado a deslocar-se horizontalmente, como consequência da presença de um gradiente de pressão entre áreas adjacentes, isto é, o ar desloca-se da área de maior pressão para a área de menor pressão, levando as características térmicas da superfície. A condensação envolve a transformação de estado: gasoso para líquido. Mais detalhes são apresentados na seção 2.2.2 ao se relacionar a convecção com a temperatura na superfície terrestre.



**FIGURA 1:** Processo de convecção do ar e água

Fonte: Disponível em < <http://meteoropole.com.br/2011/10/em-quais-situacoes-as-nuvens-se-formam/> > Acesso em 14 de jan., 2019.

Por fim, a transferência de calor por irradiação é um processo que não ocorre nem pelo contato entre moléculas ou átomos, nem por transporte de massa, mas sim a partir de ondas eletromagnética (de ondas de rádio a raios Gama). As ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo como na matéria, e possuem comportamento dual, onda e partícula. Uma análise mais profunda sobre este tema pode ser feita em diversos livros textos comuns ao curso de Física, como Hewitt (2009) e Feynman (2008).

Como dito inicialmente, a transferência de calor, ocorre devido a diferença de temperatura entre os corpos ou entes de um sistema. No entanto, é importante, diferenciar temperatura de calor. Segundo Oliveira, (2009, p.109), define-se a temperatura com a energia média das moléculas e o calor como a energia total do sistema (em movimento). Desta forma, a temperatura é a média da agitação das moléculas e essa medida pode ser expressa a partir de dispositivos conhecidos como termômetros. Os mais usados atualmente são os graduados em graus Celsius, graus Fahrenheit e Kevin. Detalhes sobre os modelos e suas graduações podem ser encontrados em todos os livros de termodinâmica. Assim a aquisição conceito energia e as usa conservação, pode tornar-se abstrato para muitos aprendizes/estudantes, uma das contribuições das aplicações da IIR é o fato do conceito ser fundamental, por isso as IIR podem contribuir para o aprendizado dos conceitos físicos e a interdisciplinaridade entre Física e Geociências podem contribuir para esse objetivo além dos objetivos que serão explanados no capítulo três.

### **2.3 Clima terrestre**

Naturalmente, a fonte de energia responsável pelo clima e suas correlações na superfície terrestre é o Sol. A energia por ele enviada ao espaço é de cerca de  $3,84 \cdot 10^{26}$  W. No entanto, localizado a 150 milhões de quilômetros da Terra somente (em medidas obtidas via satélite)  $1366 \text{ Wm}^{-2}$  atinge o topo da atmosfera (BARRY, CHORLEY, 2013, p. 41). Dentro do espectro eletromagnético, 8% desta energia é radiação ultravioleta, 40% luz visível e 52% infravermelha.

O Sol aquece a litosfera, a atmosfera, hidrosfera e a biosfera. A transferência de energia em cada uma destas três regiões e de uma para outra é consequência do movimento de matéria (convecção). O ciclo de transferência de energia é complexo e pode ser observado através de diversos focos. Sob a ótica do princípio de conservação de energia temos, por

exemplo, que quando o vapor da água na atmosfera é elevado acima do nível do mar está adquirindo energia potencial; quando este vapor retorna à superfície terrestre (sob a forma de chuva ou neve) esta energia potencial é transformada em energia cinética. Este movimento, por sua vez, é o responsável por esculpir paisagens.

Acredita-se que este ciclo permanece estável desde a origem do nosso sistema. Essa estabilidade pode ser observada em fósseis de plantas e animais que não existiriam se a energia emitida pelo Sol hoje fosse diferente no passado, ou mesmo diferente na superfície terrestre (OLIVEIRA et al., in TEIXEIRA, 2009, p. 110).

### **2.3.1 A energia e os movimentos do ar**

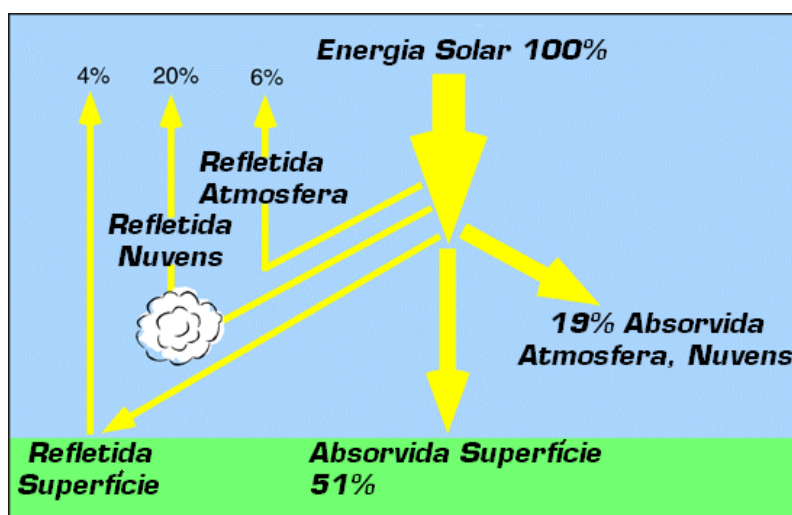
O livro Investigando a Terra (CELORIA et al., 1973), desde sua primeira edição expõe de forma elegante questionamentos interessantes para análise do fluxo de energia na Terra e sobre o fino ajuste que é necessário existir para a manutenção da vida no planeta. Na obra encontramos perguntas relevantes para a aplicação deste projeto, tais como:

A atmosfera movimenta-se todo o tempo. Se a atmosfera parasse de repente o ciclo a água também cessaria. Não haveria mais chuvas e a vida sobre a Terra, caso pudesse existir, seria bem diferente. O que mantém o ar e a água em movimento? Como é produzida a energia das grandes tormentas? (CELORIA et al., 1973)

É extremamente relevante pensar na complexidade da manutenção da vida da Terra e tais perguntas levam o aluno a refletir. O ciclo da água não requer somente uma atmosfera em movimento, mas também é preciso que ela não seja nem tão quente nem tão fria, de maneira a permitir que a água exista nos três estados, líquido, sólido e gasoso. As temperaturas da atmosfera e da superfície terrestre estão dentro de um intervalo adequado para que isto ocorra. Neste contexto, pode-se agora avaliar como ocorre o balanço energético dentro de nosso sistema.

A distância da Terra ao Sol proporciona o recebimento da quantidade de energia adequada a um clima que é favorável à nossa forma de vida, além desse fato a Terra consegue emitir, praticamente, a mesma quantidade de calor que recebe do Sol, por ondas de infravermelho.

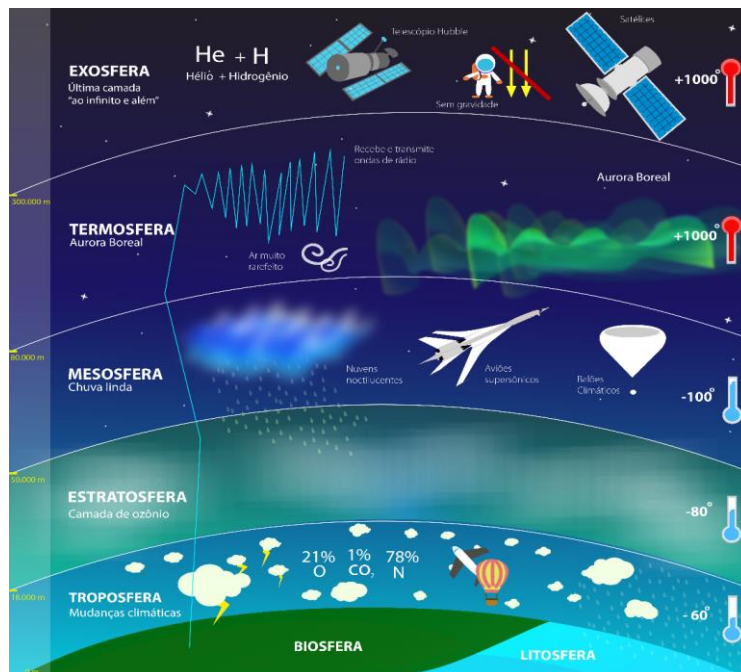
A atmosfera é outro fator importantíssimo no equilíbrio da distribuição de calor e absorção da energia pela Terra. Cada elemento que a constitui (diversos gases, a água líquida das nuvens e partículas de poeira de diferentes tamanhos) possui diferentes capacidades de absorção, transmissão e reflexão da radiação recebida. Especificamente, a radiação visível que atinge a atmosfera (40% supracitado) só será absorvida pelo vapor de água. Em alta atmosfera a absorção da radiação ultravioleta é feita pelo ozônio (O<sub>3</sub>) (OLIVEIRA, CORDANI, FAIRCHILD, in TEIXEIRA, 2009, p. 112). Os percentuais de absorção e reflexão da radiação solar são apresentados na Figura 2.



**FIGURA 2:** Absorção de energia pela Terra

Fonte: Disponível em <<http://www.tisst.net/documentos/sistemas-solares-termicos/>> Acesso em 14 de jan., 2019.

Sendo a atmosfera nosso escudo contra o excesso de energia proveniente do Sol, refletindo e absorvendo parte dessa energia, essa capacidade Física é decorrente as camadas distintas que formam a atmosfera terrestre, em que é dividida, troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera (Figura 3).



**FIGURA 3:** Atmosfera terrestre e sua classificação

Fonte: Disponível em <<http://www.globos.com.br/lib/site/as-camadas-da-atmosfera/>> Acesso em 14 de jan., 2019.

Especificamente, na troposfera, até cerca de 20km, o gradiente; de 20km a 50km a temperatura aumenta, chegando a atingir valores positivos; a partir deste nível volta a cair cerca -80°C. Associada à troposfera tem-se a estratosfera, onde existe uma camada contendo ozônio, que apresenta 25 a 50km espessura, agindo como proteção à radiação ultravioleta, como citado anteriormente.

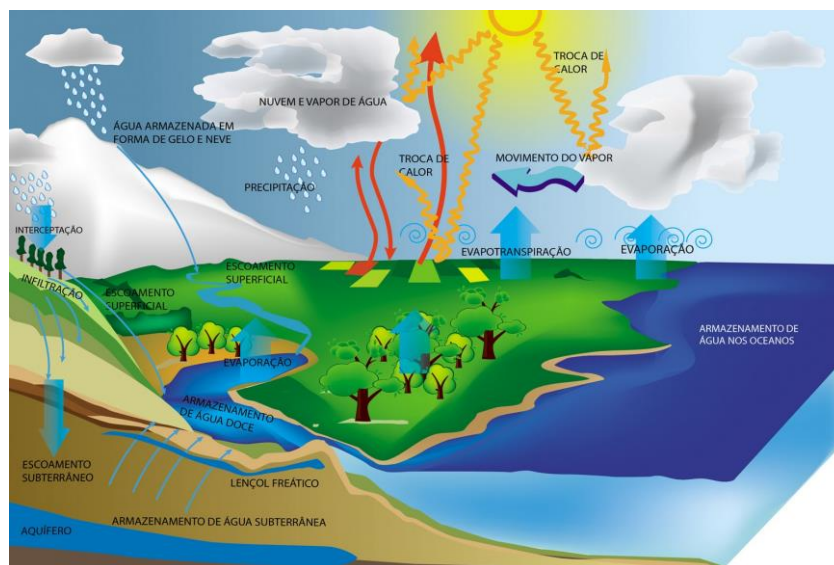
A mesosfera está a 80 km a partir da superfície da Terra e possui cerca de 35 km de espessura. Sua temperatura é extremamente fria (-10° C a -100° C), pois não há gases ou nuvens capazes de absorver a energia solar

A termosfera é ótima condutora de eletricidade devido à presença de íons eletrificados. A ionização da camada é consequência da absorção dos raios gama, raios X e ultravioleta do Sol. Finalmente, a exosfera é a região onde ocorre a mudança gradativa da atmosfera terrestre em espaço interplanetário, sem limite definido. É tão ionizada quanto a ionosfera e supõe-se que sua altura atinja 1000km. Não exerce a filtragem da radiação solar devido à pouca densidade de suas partículas.

### 2.3.2 Temperatura na superfície terrestre

Superadas as camadas da atmosfera, a superfície da Terra recebe energia solar suficiente para manter a temperatura média em 15 °C. Esta temperatura está acima do ponto congelamento da água, porém muito abaixo do seu ponto de ebulição, portanto é necessária “outra” fonte de calor para que o ciclo possa ser completado. Esta “outra” fonte de calor é a própria superfície terrestre que, por diferentes elementos, absorve e emite a radiação. Pode-se ainda considerar o calor decorrente do interior terrestre devido à atividade de isótopos em constante decaimento.

Entre o momento em que é absorvida como radiação de ondas curtas e o momento em que é devolvida ao espaço como radiação de ondas longas, a energia aquece a superfície terrestre e a baixa atmosfera e propulsiona a circulação do ar e da água no conhecido ciclo hidrológico (Figura 4).



**FIGURA 4:** Ciclo hídrico

Fonte: Disponível em < <http://engenhariaondejahcivil.blogspot.com.br/> Acesso 14 de jan., 2019.

A mudança de temperatura no ar ou na água resulta na mudança da sua densidade, isso faz com que a convecção se apresente como um fenômeno físico essencial para explicar as variações da temperatura na superfície do Planeta.



Quando o ar, a água ou outro fluido qualquer são resfriados, a densidade aumenta, e quando são aquecidos, a densidade diminui. Um fluido mais frio tende, pois, a afundar, porque a ação da gravidade é mais intensa sobre ele do que sobre um fluido quente, menos denso. Isto permite ao fluido da parte superior movimentar-se numa área acima da porção fria. Este movimento aumenta a massa de fluido do frio, provocando o aumento de pressão nesta região, ao mesmo tempo, diminuindo a pressão na região com fluido mais quente. Esse processo, que ocorre continuamente, cria uma corrente convectiva. Se o fluxo convectivo perfaz um circuito completo, tem-se uma célula convectiva. Este fenômeno, por ser característico de fluidos, ocorre no ar, oceanos e rios e, inclusive, no interior da Terra.

Mas a convecção não é o único responsável na transferência de calor. Esta afirmação é consistente, pois se esta fosse única, a transferência de energia aconteceria homogeneamente de sul a norte e leste a oeste. O movimento da Terra e o deslocamento das camadas de ar decorrentes deste movimento também atuam a fim de interferir no comportamento térmico (variações de temperatura) do planeta. A rotação influencia a distribuição de energia e por consequência na forma com que os ventos movimentam em nosso planeta (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 77).

Um dos fenômenos importantes associado a rotação da Terra é o *efeito Coriolis*. O efeito de Coriolis é resultado do movimento de rotação da Terra, se a Terra não tivesse o movimento de rotação, movimento em torno do próprio eixo, o vento continuaria o seu movimento por inércia, sem nenhuma alteração da sua direção, o seu movimento daria somente pelo fator pressão, mas o efeito Coriolis age mudando a sua trajetória original. (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 78).

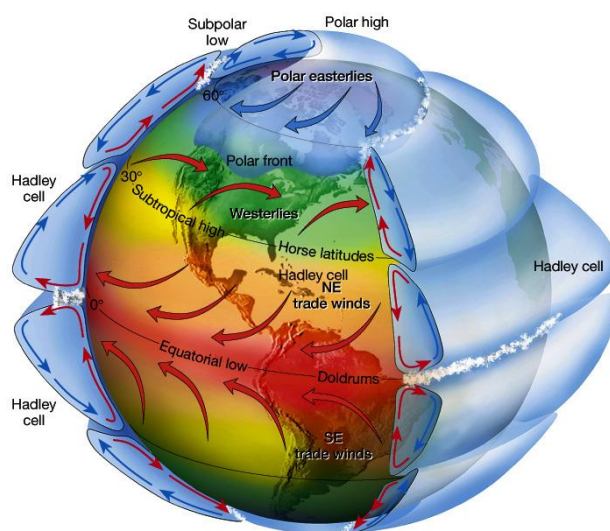
No hemisfério Sul, o vento é defletido para a esquerda e no hemisfério Norte, para a direita, a ação do efeito é máxima nos polos e gradualmente diminui até a linha do equador, em que é nulo a sua ação (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 78).

A corrente que vai em direção ao equador é desviada e constitui os chamados *ventos alísios*.

Os ventos alísios são amplas correntes constantes de ar que sopram de nordeste para o equador no Hemisfério Norte e de sudeste para o equador no Hemisfério Sul. Os mesmos são causados pela convecção e pelo movimento de rotação da Terra (OLIVEIRA CORDANI, FAIRCHILD 2009, p. 115). Os ventos alísios atingem o equador obliquamente, o ar que

ascende próximo a linha do equador, aproximadamente 30° de latitude, retorna à superfície terrestre.

A partir daí a maior parte do ar volta ao equador para subir e realizar outro circuito. Os *ventos alísios* fazem parte de uma enorme célula de movimentação de ar, conhecida como *Célula de Hadley* (Figura 5). Sucintamente, as *células de Hadley*, que são os ciclones, movem-se ao longo da frente polar e a circulação transfere o calor em direção aos polos. Essa transferência de calor permite que as altas latitudes irradiem para o espaço mais energia do que recebem do Sol.



**FIGURA 5:** Célula de Hadley

Fonte: Disponível em < <http://parquedaciencia.blogspot.com.br/2014/09/climatologia-parte-ii.html> > 14 de jan., 2019

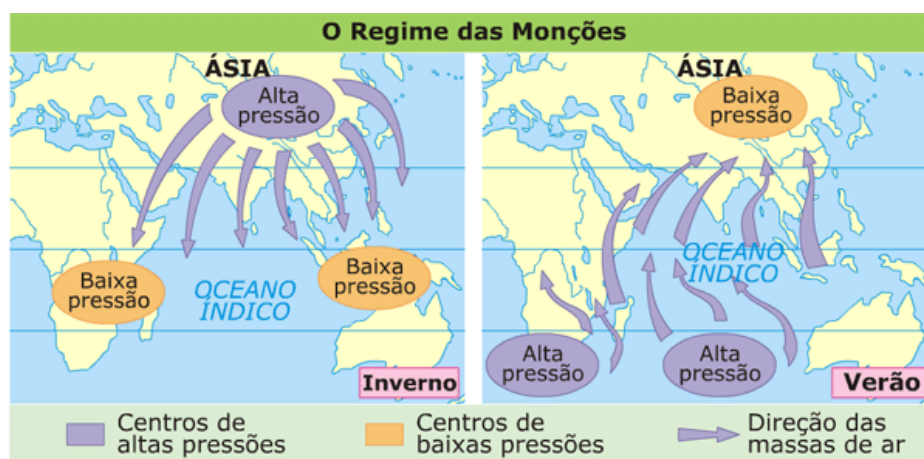
Em latitude de 30° parte do ar descendente continua em direção ao polo, mas é desviada e transforma-se nos ventos de oeste das latitudes médias. Sobre a região polar, onde na maior parte do ano há pouca ou nenhuma radiação solar, o ar também esfria e desce. O ar descendente segue rumo ao equador, movendo-se junto à superfície terrestre, e também é desviado em virtude do *efeito coriolis*, formando o cinturão de ventos polares de leste.

Outro fator que interfere no clima terrestre é a diferença na capacidade de absorção de calor entre a região de Terra e de água do Planeta. Essa diferença modifica o movimento do ar, e por consequência o clima na superfície (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 140). Por exemplo, é fácil notar que a Terra se aquece mais no verão e se resfria mais no

inverno, enquanto que no oceano existe a tendência de manutenção da temperatura média durante todo o ano.

É simples compreender este fenômeno. No verão a Terra torna-se uma fonte de calor para o ar que está acima dela, enquanto o oceano pode funcionar como um absorvedor de calor do ar que está sobre si. Isto significa que no verão a densidade do ar será menor sobre os continentes do que sobre os oceanos. Durante o inverno a situação se inverte: o oceano torna-se fonte de calor e os continentes absorvedores de calor. Essa circulação de ar da Terra para água e da água para Terra, que dependem das estações do ano (principalmente dos solstícios), são chamadas de *monções*.

No verão, a monção carrega grande quantidade de vapor do oceano para o continente. Sobre o continente, o ar próximo à superfície se aquece e ascende provocando a transformação do vapor em nuvem. As faixas de alta pressão interrompem-se, gerando áreas de alta pressão, com seus centros sobre os oceanos, por exemplo, os ventos de monções na região da Ásia e Oceano Índico (Figura 6). Estas áreas de alta pressão são as altas subtropicais semipermanentes. Assim, os ventos sopram a partir das áreas de alta pressão e são desviadas para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul.



**FIGURA 6:** Ventos de monções

Fonte: Disponível em <<http://interna.coceducacao.com.br/ebook/pages/9929.htm>> Acesso 14 de jan., 2019.

Um fator importante que deve ser avaliado é a influência do relevo sobre a temperatura e o clima na superfície terrestre. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira

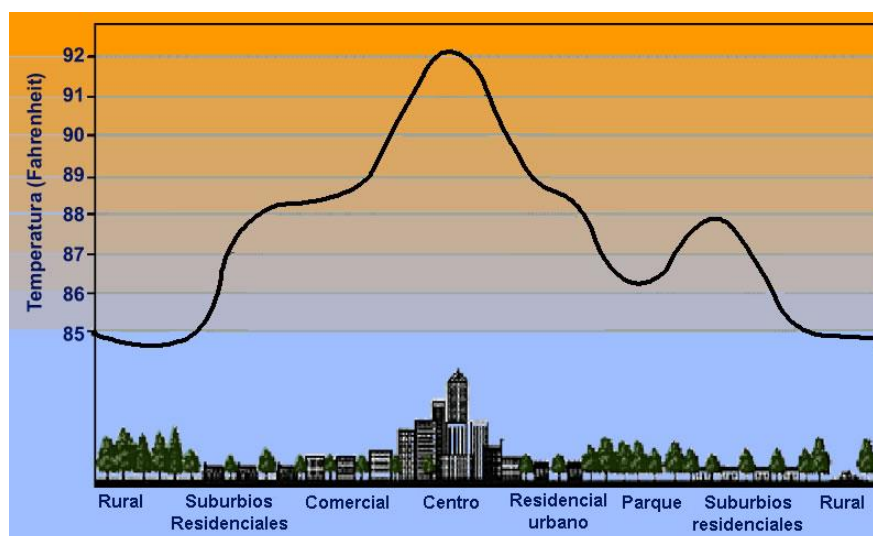
(MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 95), o relevo apresenta três fatores essenciais que determinam a influência no clima: posição, orientação de suas vertentes e declividade.

A posição do relevo favorece ou dificulta os fluxos de calor e umidade entre áreas contíguas. Um sistema orográfico que se disponha latitudinalmente em uma região, como o Himalaia, por exemplo, irá dificultar as trocas de calor e umidade entre as áreas frias do interior da China e aquelas mais quentes da Índia. Um exemplo no continente americano é a Cordilheira dos Andes: por se dispor no sentido dos meridianos, não impede que as massas polares atinjam o norte da América do Sul e nem que as equatoriais cheguem ao sul do Brasil. Entretanto, inibem a penetração da umidade proveniente do Pacífico para o interior do continente.

Nas zonas mais carentes de energia solar (latitudes extratropicais), a orientação do relevo em relação ao Sol irá definir as vertentes mais aquecidas e mais secas, e aquelas mais frias e mais úmidas. Tomando o exemplo do hemisfério Sul, as vertentes mais quentes serão aquelas voltadas para o Norte, pois nesse hemisfério o Sol estará sempre no horizonte Norte, deixando à sombra as vertentes voltadas para o horizonte Sul.

Em regiões de superfície ondulada a declividade modifica a relação superfície/radiação incidente. A absorção dos raios solares por uma dada superfície dependerá também das características físicas que ela apresenta, isto é, do tipo de cobertura que possui, podendo seu estudo ser organizado em coberturas vegetadas e não vegetadas. Desta forma, a vegetação desempenha um papel regulador de umidade e de temperatura extremamente importante. Tomando-se as áreas florestadas como exemplo, observa-se que suas temperaturas serão inferiores às das áreas vizinhas como outro tipo de cobertura. Os processos de troca de energia e umidade entre o solo e o ar são mais diretos e efetivos naquelas superfícies marcadas pela ausência de vegetação, como desertos. Já nas áreas urbanizadas esses processos assumem ampla complexidade em decorrência da diversidade espacial que as superfícies urbanas apresentam e da dinâmica das atividades desenvolvidas nas cidades (Figura 7).

Assim, as diferentes feições dos espaços urbanos geram processos com intensidades distintas de aquecimento da camada de ar em que se inserem, resultando na ocorrência de campos térmicos (frescos e de calor). Isso contribui de forma significativa para geração das ilhas de calor (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 99).



**FIGURA 7:** Temperatura da superfície terrestre em função dos tipos de cobertura

Fonte: Disponível em <<http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/oikos-historico/numeros-antiores/47-la-isla-de-calor-urbana-y-la-vegetacion-arborea>> Acesso 14 de jan., 2019.

Finalmente, tem-se nos mares e oceanos outro fator fundamental para a regulação da temperatura e do clima. Além de servirem como os principais fornecedores de água para a troposfera, os mesmos controlam a distribuição de energia entre oceanos e continentes (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 27). Ao contribuírem para a troca de energia entre pontos distantes da Terra, as correntes oceânicas interagem com a dinâmica das massas de ar, definindo áreas secas e áreas chuvosas. Isso porque as águas frias superficiais induzem o ar a se resfriar, inibindo a formação de nuvens e, conseqüentemente, a ocorrência de chuvas. Desta forma, áreas costeiras banhadas por correntes frias apresentam uma tendência a possuírem climas secos. Por outro lado, águas quentes superficiais, que geram correntes ascendentes de ar (permitindo a formação de nuvens e precipitação posterior), fazem com que áreas banhadas por correntes marinhas quentes possuam um clima úmido.

## 2.4 O Modelo do Interior da Terra

Na seção anterior foi apresentado o Sol como maior fonte de energia da Terra, contudo, essa não é a única fonte de energia. Assim, na presente seção, discorreremos sobre outra fonte de energia, que está concentrada no interior da Terra.

No interior da Terra existe o fluxo geotérmico, fluxo de energia que está em constante movimento, sabemos hoje por observações da diferente distribuição da força gravitacional em relação a diferentes pontos da Terra, a força magnética que envolve o planeta e a propagação de energia oriunda da movimentação interna da Terra, observada por ondas que propagam através da Terra e pela terra, temos condições de analisar e inferir como seria dividida a Terra, e como seria essas camadas (LEINZ, 1998, p. 15).

Vamos apresentar a análise do interior da Terra somente pelas ondas sísmicas, sendo o nosso conceito fundamental para aplicação da IIR Interior da Terra.

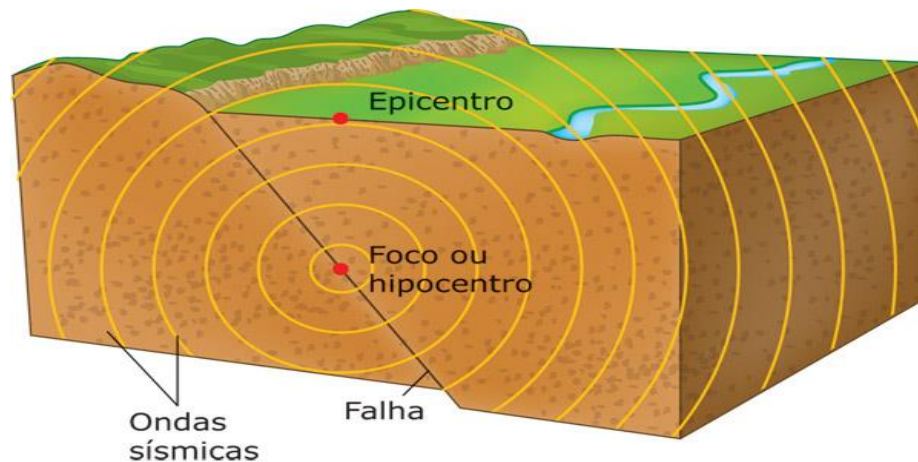
Portanto para o aprofundamento de ondulatória apresentaremos o estudo do interior da Terra com o olhar da área da ciência chamada sismologia, que se apropriasse do estudo de ondulatória para fazer análises do fluxo geotérmico, fluxo de energia interna da Terra.

#### **2.4.1 Sismologia**

A ocorrência de um terremoto gera vibrações que se propagam com efeito de onda, lembramos de que uma onda realiza o transporte de energia e a interação de uma onda com matérias diferentes, sólido ou líquido, resulta em comportamentos diferentes da onda (LEINZ, 1998, p. 15).

A liberação de energia que gera um terremoto ou pequenos abalados são decorrentes da ruptura devido ao movimento da crosta terrestre, ou das detonações de explosões, ou os movimentos de massa de terra, como um desmoronamento de uma encosta, essas vibrações propagam-se e podem ser identificadas usando um aparelho chamado sismógrafo (ERNESTO et al., in TEIXEIRA, 2009, p. 54)

A Figura 8 ilustra a propagação de uma onda sísmica, a onda é sentida e identificada no epicentro pelo sismógrafo, devido a alguma ruptura no Interior da Terra (ERNESTO et al., in TEIXEIRA, 2009, p. 54).



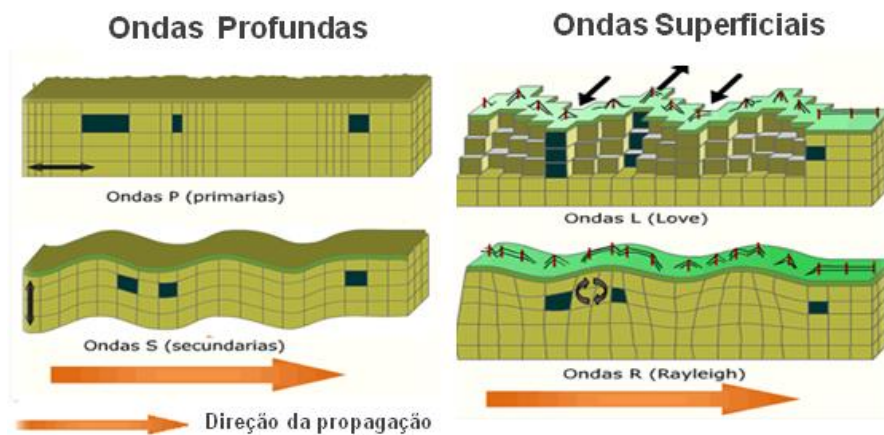
**FIGURA 8:** Representação de um epicentro

Fonte: Disponível em <<http://danielrsilveira.blogspot.com.br/2010/04/terremoto.html>> Acesso 14 de jan., 2019.

Sabemos que uma onda longitudinal se propaga em meios líquidos, gasoso e sólido e uma onda transversal propaga-se em meio sólido, outra informação que possuímos ao estudar os efeitos da propagação de uma onda são as diferentes velocidades que uma onda podem se propagar dependendo do meio, também sabemos que uma onda pode refletir e refratar em materiais diferentes, em meios diferentes, portanto podemos obter resultados de propagação de onda diferente a partir de meio de propagação (LEINZ, 1998, p. 15).

A partir da análise dos dados obtidos através das ondas sísmicas podemos verificar as diferentes formas da movimentação das camadas do exterior da Terra e do interior da Terra. Assim existem alguns modelos de ondas – onda P longitudinal e onda S transversal, essas ocorrem em grandes profundidades – onda Royleigh e onda Love, essas ocorrem na superfície (ERNESTO et al., in TEIXEIRA, 2009, p. 55).

A figura 9 ilustra o comportamento das ondas. A onda que possui comportamento de propagação perpendicular à direção de propagação é chamada onda transversal ou onda S, as vibrações que são paralelas a direção de propagação são longitudinais onda P.



**FIGURA 9:** Representação da propagação de onda Love e Rayleigh

Fonte: Disponível em <[www.tes.com/lessons/yHUKIEpte2CpxQ/4-eso-tema-1-estructura-y-dinamica-de-la-tierra](http://www.tes.com/lessons/yHUKIEpte2CpxQ/4-eso-tema-1-estructura-y-dinamica-de-la-tierra)> Acesso 14 de jan., 2019.

As velocidades de propagação das ondas P e S dependem essencialmente do meio por onde elas passam, tendo essa informação podemos conhecer o interior da Terra e sua estrutura.

Outro dado importante são as ondas superficiais que podem ser de dois modelos – Love e Rayleigh – as ondas superficiais Love correspondem a superposição das ondas S com vibrações horizontais concentradas nas camadas mais externas da Terra. A onda superficial Rayleigh é uma combinação de vibrações P e S contidas no plano vertical Ernesto (ERNESTO et al., in TEIXEIRA, 2009, p. 55).

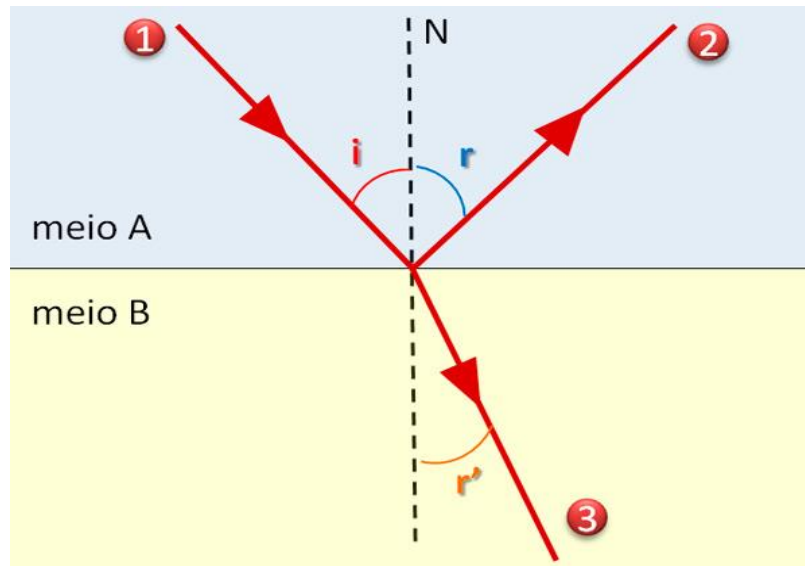
As ondas Love geralmente têm velocidade de propagação maior do que as ondas Rayleigh. O comportamento ondulatório é observado em relação a refração e reflexão das ondas.

As ondas sísmicas possuem propriedade ondulatório da refração e reflexão e são explicadas pela lei de Snell equação abaixo.

$$\frac{\text{sen } i}{V_{p1}} = \frac{\text{sen } r}{V_{p2}}$$

A equação acima, relaciona-se o ângulo  $i$  de incidência e o ângulo  $r$  de refração com a velocidade de propagação  $V_{p1}$  e  $V_{p2}$ .





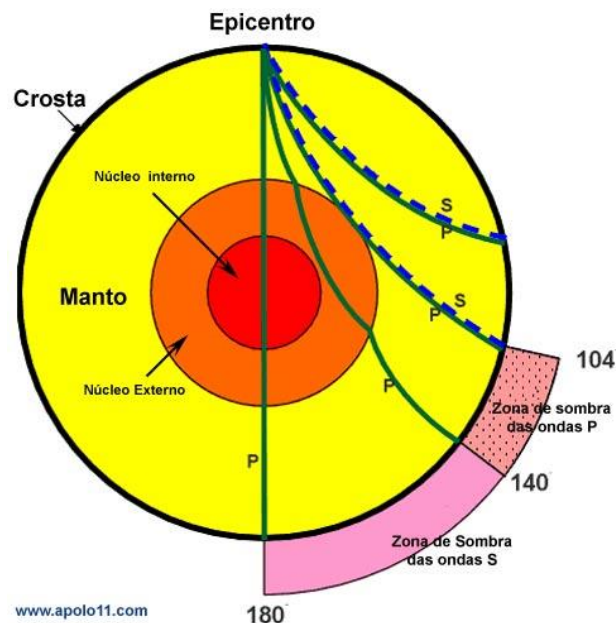
**FIGURA 10:** Representação de onda incidente no meio A e refratada no meio B.

Fonte: Disponível em < <https://fisicanaveia.blogosfera.uol.com.br/2015/10/> Acesso 14 de jan., 2019.

Quando a onda S ou P incidente em um material, parte dessa onda da energia será refletida e outra refratada. A onda mudará a sua direção e velocidade, com essa informação poderemos saber se essa região é mais ou menos densa e quais materiais a constituem (ERNESTO et al., in TEIXEIRA, 2009, p. 55)

Apropriando desse conhecimento, podemos determinar que o centro da Terra é sólido, por exemplo, podemos apresentar um modelo do interior da Terra a primeira camada mais superficial é a crosta, com espessura variando de 25Km e pelo menos 50Km nos continentes e de 5Km a 10Km nos oceanos, na crosta terrestre a onda P varia a sua velocidade de 5,5km/s na crosta superior e 7km/s na crosta inferior (ERNESTO et al., in TEIXEIRA, 2009, p. 57).

A figura 11 ilustra as camadas da Terra, crosta, manto e núcleo externo e núcleo interno e como a onda refrata em cada um desses meios.



**FIGURA 11:** Representação do modelo do Interior da Terra a partir de dados de ondulatoria.

Fonte: Disponível em < <https://mybrainsociety.blogspot.com.br/2015/12/ondas-sismicas.html> > Acesso 14 de jan., 2019.

A figura 11 (na parte inferior), também ilustra a Zona de Sombra, lugar que a onda S não atingiu pela refração e pela energia dissipada no núcleo da Terra, por esse motivo sabemos que o núcleo da Terra é sólido. Dessa maneira observou que existe um núcleo sólido no interior da Terra, pela zona escura decorrente da dissipação da onda S (ERNESTO et al., in TEIXEIRA, 2009, p. 59).

O estudo de abalos sísmicos está relacionado com as placas tectônicas, as rupturas superficiais da Terra são ocorrentes devido a dinâmica do interior da Terra que modifica, transforma a superfície do planeta, como o manto é líquido, a crosta está em constante movimento gerando transferência de quantidade de movimento energia, o resultado são os tremores decorrentes a esse dinamismo próprio da Terra (TASSINARI, NETO, in TEIXEIRA, 2009, p. 82).

Percebemos a possibilidade de fazer a interdisciplinaridade entre ondulatoria e o estudo do interior da Terra, por causa da relação existente entre a dependência entre a área da Geociências e a Física apresentada, dessa forma avançamos no estudo do interior da Terra sem perder o objetivo principal, aplicar o conhecimento de ondulatório, gerando a aquisição de subsunçores, e posteriormente o aprendiz/estudante consiga relacionar com o estudo do

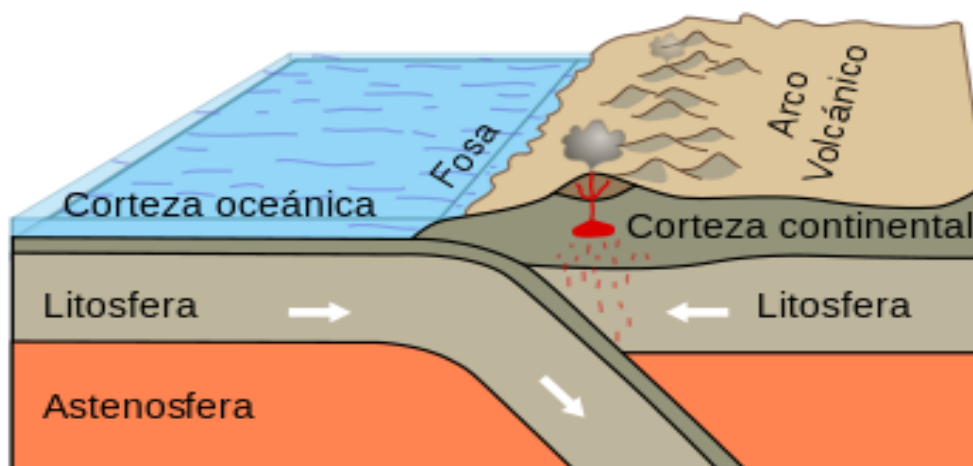
Interior da Terra e assim gerar aprendizagem significativa pelo uso de um organizador prévio, conteúdo sistematizado. (AUSUBEL, 2003).

Avançamos para o estudo das placas tectônicas, analisaremos que a energia interna da Terra, e a constituição do material do seu interior causa o movimento da crosta terrestre, como já vimos, gera abalos sísmicos.

#### 2.4.1.1 Placas Tectônicas

As placas tectônicas são caracterizadas por dois modelos, um continental, com composição média de granítica, e a placa oceânica composta de rochas basálticas. Existem ainda duas características sobre as placas tectônicas em relação ao seu material que são chamadas litosfera camada exterior da superfície da Terra, sólida, sendo a parte superior do manto terrestre e a astenosfera parte interior da crosta terrestre sendo mais flexível (TASSINARI, NETO, in TEIXEIRA, 2009, p. 85).

A figura 12, representa as divisões que compõe a crosta terrestre.



**FIGURA 12:** A ilustração indica o movimento de duas placas tectônicas, crosta oceânica e crosta continental.

Fonte: Disponível em <<https://es.wikipedia.org/wiki/Litosfera>> Acesso 14 de jan., 2019.

As vibrações causadas pelo movimento das placas tectônicas causam os terremotos e os maremotos, para medir essas vibrações são usados aparelhos chamados de sismógrafos, colocados em diversas localidades que geram um gráfico com dados sobre o tremor, unindo

essas informações: em qual lugar ocorreu o epicentro, o foco do terremoto, a duração do tremor, a sua natureza e o tempo de duração do tremor, é possível verificar a magnitude e, por consequência, o poder de destruição e alcance do tremor (TASSINARI, NETO in TEIXEIRA, 2009, p. 89).

A escala mais conhecida para determinar a intensidade de um terremoto é a escala Richter, que foi desenvolvida por Charles F. Richter em 1935 no instituto de Tecnologia da Califórnia (TASSINARI, NETO in TEIXEIRA, 2009, p. 89).

O quadro abaixo, verificamos a relação entre a magnitude medida pela equação desenvolvida por Richter e as consequências.

<b>Magnitude Richter</b>	<b>Efeitos</b>
Menor que 3,5	Geralmente não sentido, mas gravado.
Entre 3,5 e 5,4	Às vezes sentido, mas raramente causa danos.
Entre 5,5 e 6,0	No máximo causa pequenos danos a prédios bem construídos, mas pode danificar seriamente casas mal construídas em regiões próximas.
Entre 6,1 e 6,9	Pode ser destrutivo em áreas em torno de até 100km do epicentro
Entre 7,0 e 7,9	Grande terremoto. Pode causar sérios danos numa grande faixa.
8,0 ou mais	Enorme terremoto. Pode causar graves danos em muitas áreas mesmo que estejam a centenas de quilômetros

**Figura 13:** Quadro1, escala Richter

Fonte: Disponível em <<http://ecalculo.if.usp.br/funcoes/grandezas/exemplos/exemplo5.htm>> Acesso 14 de jan.,2019.

Para a realização do cálculo do tremor para onda Rayleigh é usada a seguinte equação (TASSINARI, NETO in TEIXEIRA, , 2009, p. 89).

$$M = \log\left(\frac{A}{T}\right) + 1,66 \cdot \log(\Delta) + 3,3$$

Onde:

M é a magnitude do terremoto;

A é a amplitude (em milímetros) medida com um sismógrafo;

T é o período de onda superficial (deve estar entre 18 e 22 s);

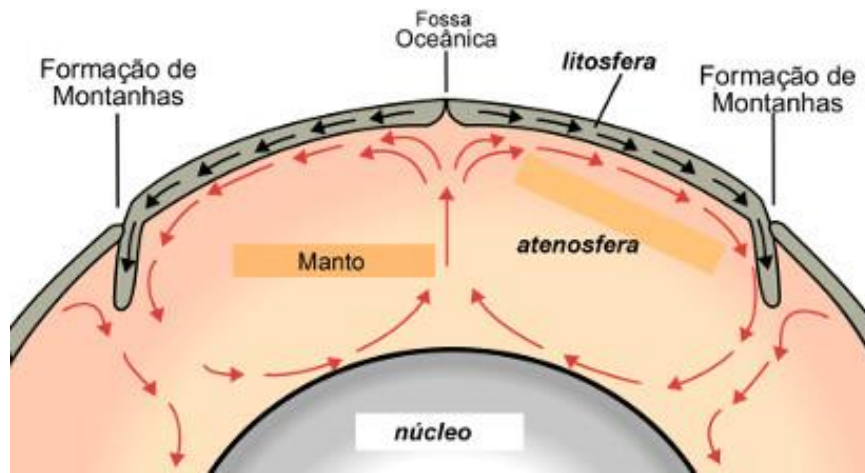
$\Delta$  é distância do epicentro (em graus); é ângulo no centro da Terra entre o epicentro e a estação ( $1^\circ = 111$  km na superfície).

A escala Richter não possui um valor mínimo ou máximo na sua escala. Temos conhecimento que as maiores magnitudes registradas na escala Richter, aconteceram no Himalaias em 1920 e no Chile em 1960 com magnitude de 8,5 (TASSINARI, NETO in TEIXEIRA, 2009, p. 89).

Os tremores de terra ocorrem por causa do movimento das placas tectônicas, e quando é analisado esses tremores a Termodinâmica e a Ondulatória convergem para a explicação do fenômeno natural, a Termodinâmica relaciona a quantidade de energia e como se dá a sua transferência e os conceitos de ondulatória indicam como se dá a movimentação das placas, causada pelo fluxo de energia.

Tassinari e Neto (2009) explicam que o movimento das placas tectônicas é causado pela convecção de massas rochosas quentes do manto. A movimentação do manto se dá quando existe a diferença de temperatura em partes do material viscoso, o material mais aquecido expande, tornando-se menos denso, e sobe lentamente e outra parte mais fria tornando-se mais denso descendo ocupando o lugar do material de maior densidade. O manto pode ser comparado a um material viscoso de 1000 vezes de maior densidade comparado a água (TASSINARI, NETO in TEIXEIRA, 2009, p. 97).

A partir dessa movimentação do material que compõe o manto pode gerar uma cadeia de eventos (figura 14); primeiro, a placa tectônica poderia ser empurrada para os lados pela criação de nova litosfera nas cadeias meso-oceânicas, segundo, por ter esfriado ao se afastar da cadeia meso-oceânica, a porção da placa mais distante da cadeia também é a parte mais antiga, mais fria e mais densa, terceiro, a placa litosférica também se torna mais espessa à medida que se afasta da cadeia meso-oceânica. (TASSINARI, NETO in TEIXEIRA, 2009, p. 97).



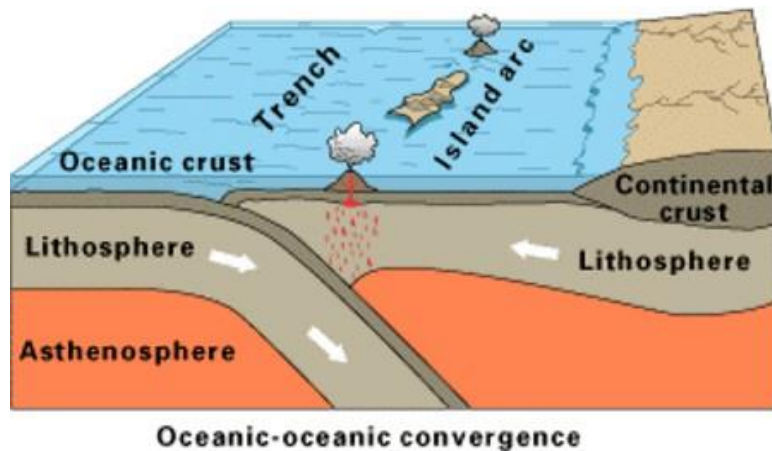
**FIGURA 14:** Modelo de correntes de convecção na astenosfera

Fonte: Disponível em < [mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/celulas-conveccao-terra.htm](http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/celulas-conveccao-terra.htm) > Acesso 14 de jan., 2019.

Os movimentos das placas tectônicas causam colisões, entre as placas oceânicas versus oceânica, continental versus continental e continental versus oceânica.

As placas oceânicas quando convergem, a placa mais antiga e mais densa mergulha em direção ao manto, carregando parte dos sedimentos, fazendo que esses sedimentos fundam com a crosta oceânica, resultado em uma atividade vulcânica (TASSINARI, NETO in TEIXEIRA, 2009, p. 97).

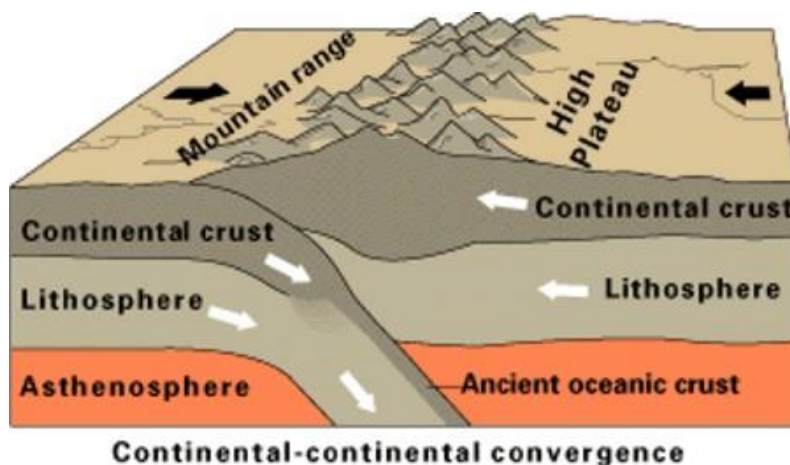
A placa oceânica quando se movimenta em direção da placa continental a placa oceânica mergulha contra a placa continental, resultando na formação das cordilheiras de montanhas, como a cadeia Andina na América do Sul, essa atividade gera atividade vulcânica, terremotos e tsunamis – figura 15 (TASSINARI, NETO in TEIXEIRA, 2009, p. 97).



**FIGURA 15:** Convergência de placa oceânica e continental

Fonte: Disponível em <[http://www.drm.rj.gov.br/admin\\_fotos/tectonica/colisaoceancont.jpg](http://www.drm.rj.gov.br/admin_fotos/tectonica/colisaoceancont.jpg)> Acesso 14 de jan., 2019.

Outra movimentação ocorre pelo encontro de placas continentais, essa colisão gera grandes modificações nas rochas continentais preexistentes e leva à fusão parcial de porções da crosta continental, com a formação de magmas graníticos, gerando por fim grandes cordilheiras de montanhas. A cordilheira do Himalaia (figura 16) é resultado desse tipo de movimentação (TASSINARI, NETO in TEIXEIRA, 2009, p. 101).



**FIGURA 16:** Convergência de placas continentais

Fonte: Disponível em <[http://www.drm.rj.gov.br/admin\\_fotos/tectonica/colisaocontcont.jpg](http://www.drm.rj.gov.br/admin_fotos/tectonica/colisaocontcont.jpg)> Acesso 14 de jan., 2019.

Examinamos como ocorrem os abalos sísmicos e como é realizado a sua análise, usando os conceitos ondulatórios, entendemos assim que a interdisciplinaridade entre as áreas do conhecimento de Física e estudo da Terra é possível ocorrer, tendo em vista que os conhecimentos físicos permitem a análise de situações diversas como apresentado ao longo do capítulo 2.

Podemos conhecer o interior da Terra ou criar hipóteses de como é o seu formato e o que a compõe com análise de dados físicos que conhecemos a partir de sismógrafos, e do saber dos conceitos de ondulatória e termodinâmica., podemos inferir sobre o interior da Terra.

Outro fator a ser mencionado é o ganho do aprendizado do aprendiz/estudante aprender sobre método científico, quando consegue relacionar que o estudo da dinâmica do planeta, de como é explicado o seu funcionamento é oriundo de diversas informações que devem ser relacionadas para o levantamento de hipóteses, e que posteriormente devem solucionar um problema da observação; essas informações reunidas indicam as possibilidades para a resolução do problema de forma generalizada (HEWITT, 2009, p. 21).

Assim o aprendiz/estudante compreende que a ciência é desenvolvida não somente por descobertas diretas de observação e experimentação em laboratório, mas também por inferências a partir de dados coletados indiretamente, como análise de propagação de onda usando aparelho sismógrafo e efeitos de transferência de energia.

A base de conceitos de Geociências, que são os subsunçores que serão estimulados aos aprendizes/estudantes adquirirem nas aplicações das IIR.



## **CAPÍTULO 3**

### **O Ensino de Física e as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade**

O presente capítulo descreve a aplicação do produto educacional desenvolvido no mestrado profissional em Ensino de Física, constituído por duas unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS). Propõe-se, em ambas, o uso da estratégia conhecida como “ilha interdisciplinar de racionalidade”, descrita no Capítulo 1, visando a aprendizagem significativa através da articulação entre o conhecimento das Geociências e da Física.

#### **3.1 Contexto da aplicação do produto**

Nossa proposta foi desenvolvida em uma escola privada de Curitiba e contou com a participação de 57 alunos da segunda série do ensino médio, sendo 34 meninas e 23 meninos. Com idades compreendidas entre 15 e 16 anos, esses estudantes, em sua maioria, frequentavam a escola desde o ensino fundamental.

Foram desenvolvidas duas IIR, uma para o conteúdo de Termodinâmica e a outra para o conteúdo de Ondulatória. Em cada caso, foram criadas situações problema, como exposto por Schmitz (2004, p. 44), com objetivo de articular as disciplinas de Física e Geociências. A primeira atividade interdisciplinar foi realizada no 2º bimestre letivo de 2017 e a segunda no 3º bimestre do mesmo ano, de acordo com a organização de conteúdos seguidos pela escola.

Lembrando que as situações problema devem considerar o contexto, a finalidade da proposta, os destinatários e o tipo do produto, partimos do contexto dos estudantes com relação a temas de Geociências, tendo em vista que esses conhecimentos são apresentados no ensino fundamental. São frequentes as exposições na mídia de matérias relacionadas a temas geocientíficos, como aquecimento global, terremotos, tempestades, furacões, tsunamis etc. Nessa perspectiva, a IIR desenvolvida para o ensino de Termodinâmica relacionava-se ao “Clima da Terra” e para Ondulatória o tema escolhido foi o “Modelo do Interior da Terra”.

As etapas da IIR, após a apresentação da questão de investigação, seguiram o descrito no Capítulo 1:

- elaboração de um clichê;
- organização do panorama espontâneo;

- consulta aos especialistas/especialidades;
- indo do abstrato ao concreto;
- aprofundamento dos conteúdos conceituais;
- apresentação dos resultados parciais da pesquisa;
- retorno aos conceitos desconhecidos, identificados inicialmente, e que ainda não foram compreendidos ou que precisam ser aprofundados;
- síntese da IIR, ou produto final, com identificação clara das disciplinas envolvidas.

Antecedendo a realização de cada IIR, foram coletados os conhecimentos prévios dos estudantes para identificação dos subsunçores. A partir dessas informações, foram planejadas as atividades de ensino.

### **3.2 Primeira Unidade de Ensino Potencialmente Significativa**

A primeira Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, que integra o produto educacional desenvolvido no mestrado, aborda conteúdos de Termodinâmica. A IIR “Clima da Terra” compõe essa UEPS que teve a duração de 24 aulas. O conjunto de aulas está descrito na Tabela 1, em que se expõe o planejamento desenvolvido e os conteúdos abordados, o processo de avaliação e as etapas da IIR.

Aula 1	Aplicação de questionário conhecimento prévio.
Aula 2	Aula Expositiva: Definição de Calor, Temperatura e Escala de Temperatura
Aula 3	Aula Expositiva: Escala de Temperatura, resolução de exercícios sobre o assunto.
Aula 4	Apresentação da proposta da IIR: Clima da Terra e Termodinâmica.  Nessa aula, os estudantes são divididos em grupos, inicia-se o processo da abertura da caixa preta. Os estudantes são incentivados a fazerem as perguntas que desejarem sobre o tema, apresentado com auxílio de apresentação em PowerPoint.
Aula 5	Aula Expositiva: Resolução de exercícios de propagação de Calor e seus efeitos, Condução, Convecção e Irradiação.
Aula 6	Aula Expositiva: Resolução de exercícios de propagação de Calor e seus efeitos,

	Condução, Convecção e Irradiação.
Aula 7	Aula Experimental: Apresentação de experimentos usando um <i>kit</i> industrial para Calor e seus efeitos, Condução, Convecção e Irradiação. Discussão da diferença entre Clima e Tempo com apoio de experimentos, para a compreensão da dinâmica da Atmosfera. Essa aula contou com a participação/colaboração do professor de Geografia.
Aula 8	Devolutiva das perguntas da Caixa Preta: exposição das questões levantadas pelos estudantes, definição de critérios para apresentação do produto da IIR. Definição, em conjunto com os estudantes, sobre os critérios de avaliação.
Aula 9	Aula Expositiva: Calorimetria e mudanças de fase, resolução de exercícios
Aula 10	Aula Expositiva: Calorimetria e mudanças de fase, resolução de exercícios
Aula 11	Avaliação de conteúdo: escala de temperatura, processos de transferência de energia térmica por calor, calorimetria e mudanças de fase.
Aula 12	Aula Expositiva: Transformação de gases ideais e trabalho realizado por uma gás.
Aula 13	Aula Expositiva: Transformação de gases ideais e trabalho realizado por um gás. Resolução de exercícios
Aula 14	Aula Expositiva: Apresentação Primeira Lei da Termodinâmica e transformações isovolumétricas, isobáricas, isotérmicas e adiabáticas.
Aula 16	Aula Expositiva: Apresentação da Segunda Lei da Termodinâmica, dando sequência à resolução de exercícios.
Aula 17	Aula Expositiva: Apresentação de Terceira Lei da Termodinâmica e resolução de exercícios.
Aula 18	Aula expositiva: Máquinas térmicas e ciclo de Carnot, apresentação de exercícios e aplicações Conceito de Atmosfera e Efeito Estufa, a discussão seguiu explorando a ideia que a Terra funciona de maneira semelhante a uma máquina térmica, com trocas de calor recebido pelo Sol e à noite há transferência de energia para o espaço.
Aula 19	Aula expositiva: Resolução de exercícios
Aula 20	Aula expositiva: Resolução de exercícios
Aula 21	Aula expositiva: Resolução de exercícios
Aula 22	Avaliação de conteúdo: Leis da Termodinâmica e máquinas térmicas
Aula 23	Avaliação: Apresentação dos documentários produzidos para finalizar a IIR. Os documentários foram apresentados para todos os estudantes como resultado e síntese da pesquisa realizada por eles.
Aula 24	Fechamento da IIR pelo professor: Aula destinada comentar os documentários, salientar

	pontos importantes como conceitos que deixaram de ser explanados ou foram colocados de forma errônea.
--	---

**TABELA 1:** Roteiro de atividades da primeira UEPS

Fonte: Própria 2019

Na primeira aula da UEPS, aplicou-se um teste para levantamento do conhecimento de ancoragem, cujos resultados são apresentados a seguir, com duração de vinte e cinco minutos. O teste foi respondido individualmente pelos estudantes.

O levantamento de conhecimentos prévios sobre o Clima da Terra, apresentado a seguir, gerou os dados que nortearam o planejamento da IIR. As questões utilizadas para identificação dos subsunçores foram:

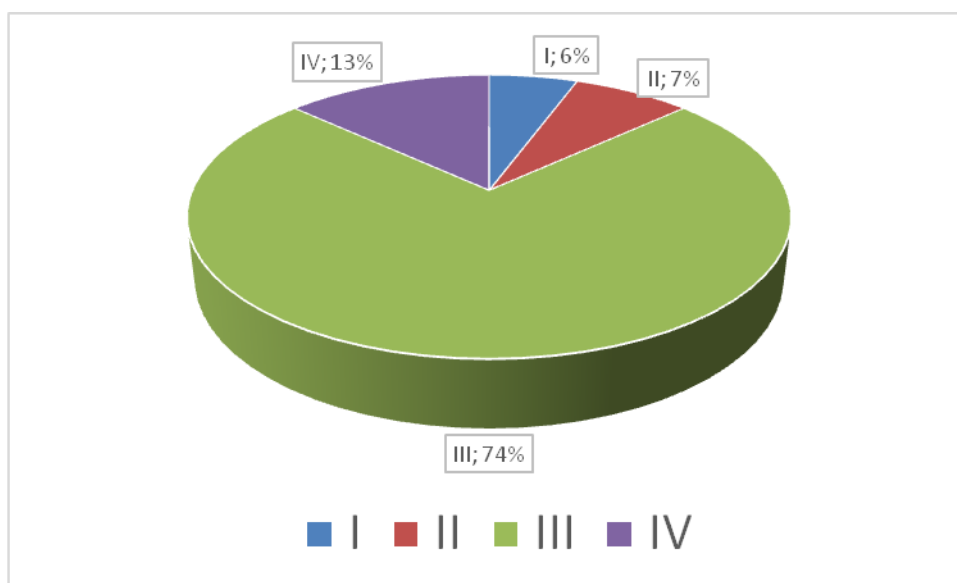
- A. Energia para quê? O que você sabe sobre energia?
- B. Hoje o tempo está bom! Qual a diferença entre clima e tempo?
- C. O que é efeito estufa? O efeito estufa é benéfico ou maléfico ao ser humano?
- D. Qual é a importância da atmosfera terrestre? O que causa a convecção na atmosfera e quais são as consequências?

É importante reiterar que o objetivo do questionário não é avaliar conhecimentos, mas apontar os subsunçores existentes para, a partir dessas informações, desenvolver a IIR.

Para tanto, realizamos uma categorização das respostas, a fim de direcionar e organizar o planejamento da IIR.

- I) Resposta completa: Toda a definição conceitual é apresentada.
- II) Resposta incompleta: A resposta apresenta alguns conceitos, mas forma incompleta.
- III) Resposta incompleta e desconectada do conceito: A resposta aproxima-se da explicação esperada, mas não deixa claro qual o fenômeno físico ou conceito que pode expressar a resposta completa.
- IV) Resposta incompleta: A resposta não possui conexão com a explicação do conceito físico ou do fenômeno natural, indicando não conhecer o conceito ou o fenômeno físico. Neste grupo também foram alocadas as questões não respondidas.

Nas Figuras 17, 18, 19 e 20 apresentamos a distribuição percentual de cada grupo de respostas, respectivamente, para as questões A, B, C e D.

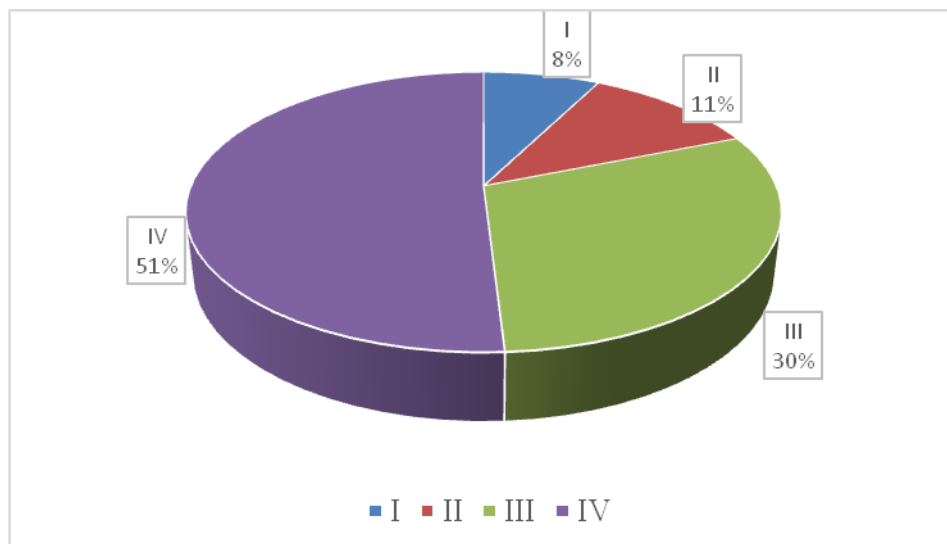


**FIGURA 17:** Classificação das respostas da questão A.

Fonte: Dados deste projeto.

A Questão A apontou que uma porcentagem significativa de estudantes conhecia algo sobre o conceito de energia, mas não conseguia exemplificar de forma coerente tanto as manifestações da energia quanto suas transformações.

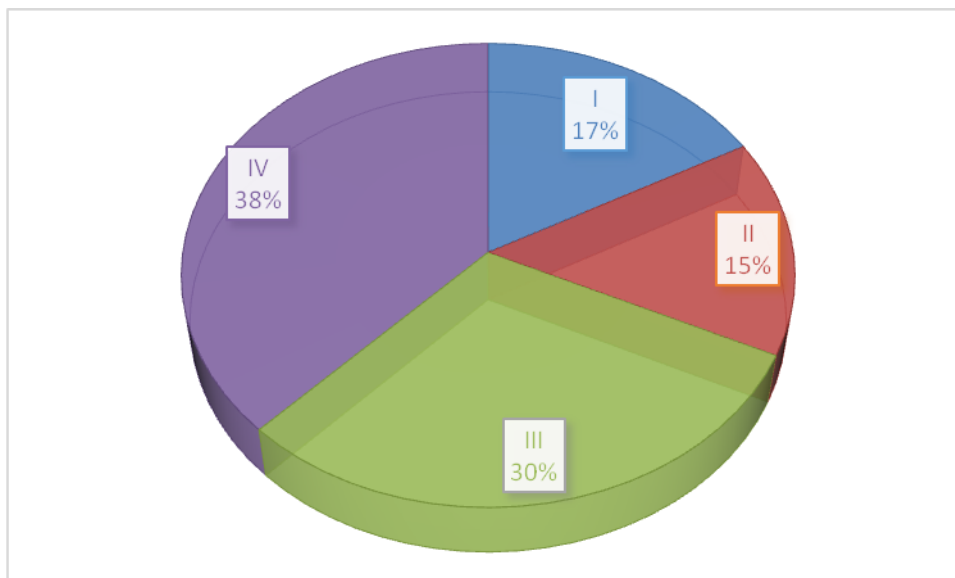
Esse resultado nos levou a planejar aulas expositivas, durante a realização da IIR, que colaboraram para a compreensão das formas de energia e suas transformações. Os recursos didáticos usados foram vídeos, apresentações usando PowerPoint com exemplos práticos de transformações de energia.



**FIGURA 18:** Classificação das respostas da Questão B.

Fonte: Dados deste projeto

Os resultados da Questão B demonstram a falta de compreensão dos conceitos de clima e tempo. No planejamento da IIR considerou-se como objetivo expor aos estudantes na aula sobre transferência de energia por condução, convecção e irradiação a definição de clima e tempo.

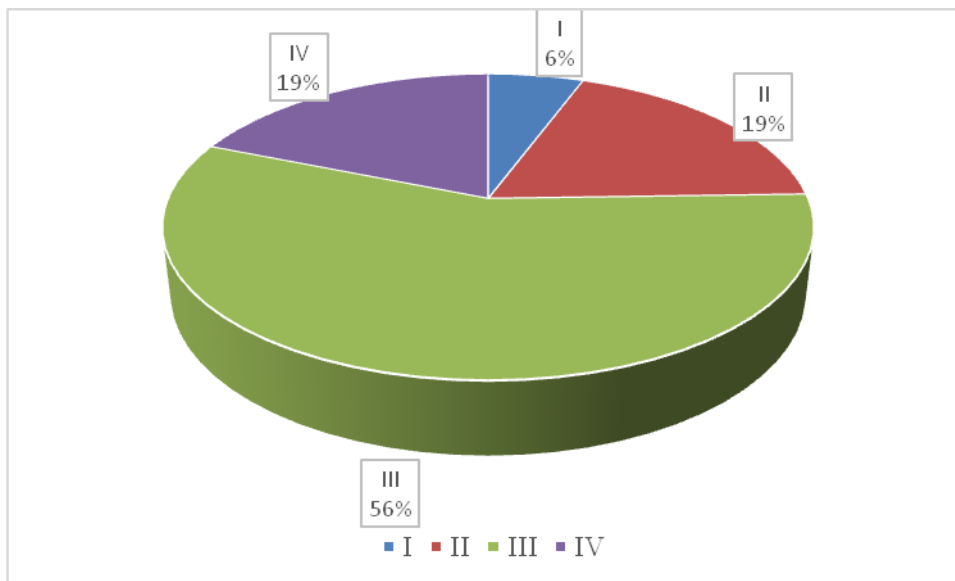


**FIGURA 19:** Classificação das respostas da questão C

Fonte: Dados deste projeto

A Questão C sugere que, apesar de conhecimentos sobre Atmosfera fazerem parte dos conteúdos curriculares desde o ensino fundamental I e II, nas disciplinas de Ciências e Geografia, e no ensino médio na disciplina de Geografia, os estudantes desconhecem conceitos básicos sobre o tema. Além da apresentação desses assuntos do ensino formal, os mesmos são recorrentes em noticiários, documentários, filmes etc. em diferentes meios de comunicação.

A partir desses dados, planejamos inserir o tema efeito estufa posteriormente às aulas em que seriam apresentadas as leis da Termodinâmica. Acreditamos que os alunos já teriam assimilado os processos de transferência de energia, o conceito de transformação dos gases e o trabalho realizado por um gás, conteúdos a serem ministrados antes das três leis da Termodinâmica. Foram preparadas apresentações em PowerPoint e vídeos sobre o conceito do efeito estufa.



**FIGURA 20:** Classificação das respostas da Questão D.

Fonte: Dados deste projeto

Na Questão D temos uma situação parecida com a anterior, na qual um tema recorrente na educação básica nas disciplinas de Ciências e Geografia – e essencial para a vida da forma como conhecemos – é pouco compreendido pelos estudantes.

As atividades das IIR possibilitam a aprendizagem significativa pelo processo de descoberta, no qual os estudantes precisam realizar pesquisas e consultas a especialistas sobre o tema, e através da atividade organizadora de conhecimentos prévios desenvolvida pelo professor. Portanto, o planejamento levou em consideração a necessidade de retomar conteúdos que se mostraram insuficientes e/ou desconhecidos e que seriam importantes para a compreensão dos novos assuntos (pré-requisitos). Além da retomada de conteúdos prévios e do processo de descoberta, tivemos também a oportunidade de observar a correlação entre áreas do saber.

Para dar início, efetivamente, à IIR que denominamos “Clima da Terra”, os alunos foram divididos em grupos de seis integrantes e foi proposta a seguinte pergunta: O Sol está seguindo para sua “morte”, mas antes aumentará o seu tamanho e a intensidade da emissão de radiação. Qual será o futuro da Terra? Haverá mudanças climáticas? Quais serão?

Os estudantes foram orientados a expressarem suas dúvidas na forma de novas questões e foram instruídos a elaborarem perguntas relacionadas ao tema exposto. Não sabendo de que forma o professor usaria as questões levantadas por eles nessa atividade - para



o ensino ou para a avaliação - ficaram apreensivos. Alguns em relação ao tema e às perguntas que deveriam elaborar e outros com o que teriam que fazer posteriormente.

A partir da questão inicial surgiram novas perguntas, formuladas pelos estudantes, na etapa denominada “elaboração de um clichê”. Como resultado, contabilizamos 81 questões que foram organizadas pelo professor e pelos alunos por área do conhecimento, sendo recortadas as que relacionavam à Termodinâmica e ao Clima Terrestre. Vale destacar que todas as perguntas foram elaboradas pelos grupos, para que todos tivessem acesso e discutissem a relevância das mesmas.

Foram selecionadas as seis perguntas que melhor sintetizavam a proposta:

1. Se o Sol estiver com uma temperatura muito alta o que acontecerá com a atmosfera? Afetará a Terra?
2. A radiação do Sol pode afetar a vegetação da Terra?
3. A fauna e a flora irão reagir de que forma à radiação do Sol?
4. A Terra irá continuar suportando a vida humana?
5. Será que todos os seres vivos sobreviveriam a esse aumento de temperatura?
6. Ocorrerá um aumento de catástrofes, como tornados, por exemplo, devido ao aumento de massas de ar quente?

Após essas atividades iniciais, prosseguimos com a apresentação de conteúdos de Termodinâmica – tais como calor, temperatura, escalas de temperatura, leis da Termodinâmica, máquinas térmicas etc. – e com as demais etapas da IIR, simultaneamente. Informações detalhadas dessas atividades encontram-se no produto educacional “Unidades de ensino potencialmente significativas para explorar as relações entre Física e Geociências” que se encontra no Anexo 1.

Ao final, foram realizadas avaliações da aprendizagem. Além das avaliações tradicionais, exigidas pela escola, os alunos produziram, em grupos, documentários sobre o tema. Os critérios de avaliação desses documentários foram claramente apresentados, dentre os quais a necessidade de relacionar as duas áreas do conhecimento – Física e Geociências - e apresentar respostas para algumas das perguntas da IIR, estabelecendo relações com

conhecimentos de Termodinâmica. Foram sugeridos os temas: efeito estufa, dinâmica da atmosfera, furacões, El Niño/La Niña, clima de Curitiba e processo de desertificação.

Os estudantes manifestaram uma postura animada em relação à atividade proposta e participaram da elaboração de critérios para a edição dos documentários, pois um dos pontos fundamentais da IIR é a participação do estudante durante todo processo de pesquisa, de elaboração da atividade e de avaliação.

Foram fixados os seguintes critérios:

1. Tempo de documentário: 6 min a 8min - sendo 10% da nota total;
2. Organização - 10% da nota total

Esse critério avalia o planejamento dos estudantes em relação ao desenvolvimento da atividade proposta: Como realizar o documentário? Como pesquisar e quais fontes? Onde aconteceu a filmagem e por quê? Como se deu a divisão de tarefas (gravações, montagem das gravações, recortes)? Qual cronograma o grupo definiu para elaboração e entrega?

3. Contexto físico abordado e relações entre Física e Geociências explicitadas no documentário: 40% da nota total

O contexto é fundamental no documentário, pois permite verificar se existiu uma aprendizagem significativa e a compreensão das relações interdisciplinares se deu de forma efetiva. Além do contexto físico o documentário deveria estabelecer a interdisciplinaridade entre Geociências e Termodinâmica;

4. Fotografia - 40% da nota total. Esse item prevê:

- Edição do vídeo - os estudantes já tinham conhecimentos sobre *softwares* de edição, inclusive já usaram esses mesmos *softwares* em outras atividades escolares;
- Roteiro - texto que dá coesão e coerência ao documentário;
- Dinâmica - entende-se por dinâmica o ato de relacionar as falas dos participantes, cortes de outros vídeos, imagens, de forma a prender a atenção do espectador.

Dos seis documentários produzidos, quatro atingiram todos os critérios avaliativos estabelecidos, incluindo o contexto. Os dois documentários que não alcançaram os critérios foram resultado de falta planejamento dos estudantes com relação ao tempo. Posteriormente, os quatro documentários que alcançaram todos os critérios avaliativos foram apresentados para os estudantes de ensino fundamental e médio em uma feira de ciências, valorizando dessa forma o trabalho realizado por esses estudantes.

### 3.3 Segunda Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

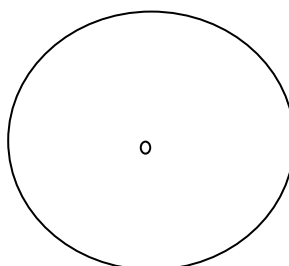
Para levantamento do conhecimento prévio dos estudantes na UEPS denominada “Modelo do Interior da Terra”, desenvolvida para conteúdos de Ondulatória, foram propostas as seguintes questões:

Questionário falso verdadeiro:

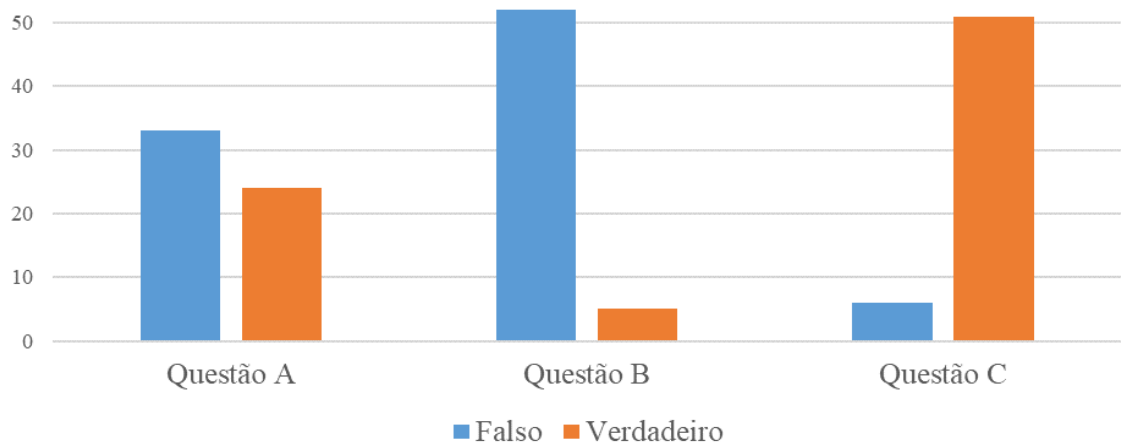
- A) Se nos desconsiderarmos os oceanos, a Terra é uma esfera sólida. ( )
- B) A superfície da Terra tem sido a mesma desde o princípio dos tempos. ( )
- C) Os processos pelo quais se formam as montanhas e a ocorrência de terremotos se deve aos mesmos fatores ( )

Questões discursivas

- D) Explique o evento, ou eventos, que você acredita podem causar um terremoto.
- E) Faça um desenho do interior da Terra. O círculo representa a superfície e o ponto o seu centro.



Na Figura 21 representamos os resultados das questões A, B e C em função do número de respostas em cada alternativa.



**FIGURA 21:** Resultados das Questões A, B e C

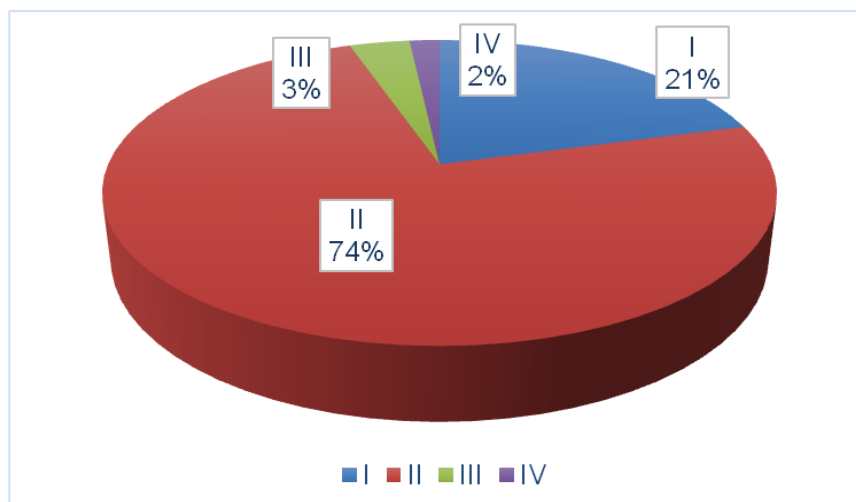
Fonte: Dados deste projeto

As respostas dos estudantes indicaram que os mesmos possuíam conhecimentos básicos sobre a estrutura da Terra em relação à sua superfície, ao seu interior e à sua dinâmica em relação à crosta terrestre, na formação de montanhas e alteração do relevo. Esses dados, utilizados isoladamente, poderiam conduzir a um planejamento equivocado das atividades, pois apontavam a existência dos subsunçores necessários para ancoragem de novos conhecimentos. Contudo, quando analisados em conjunto com as questões discursivas, encontramos outro cenário.

Para análise da Questão D utilizaremos os mesmos critérios da IIR “Clima da Terra”:

- I) Resposta completa: Toda a definição conceitual é apresentada.
- II) Resposta incompleta: A resposta apresenta alguns conceitos, mas forma incompleta.
- III) Resposta incompleta e desconectada do conceito: A resposta aproxima-se da explicação esperada, mas não deixa claro qual o fenômeno físico ou conceito que pode expressar a resposta completa.
- IV) Resposta incompleta: A resposta não possui conexão com a explicação do conceito físico ou do fenômeno natural, indicando não conhecer o conceito ou o fenômeno físico. Neste grupo também foram alocadas as questões não respondidas.

Figura 22, demonstra a tabulação dos dados seguindo o critérios mencionados anteriormente.



**FIGURA 22:** Classificação das respostas da Questão D:

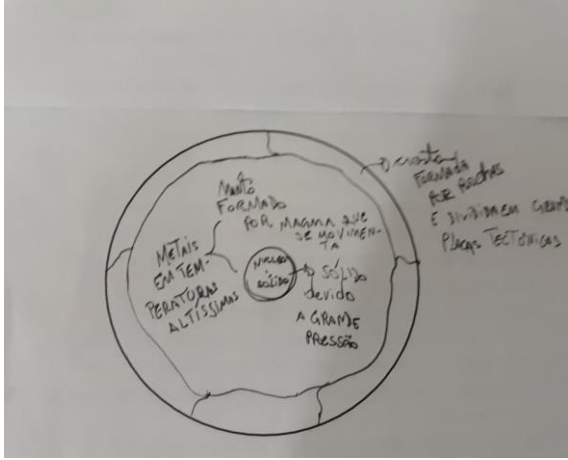
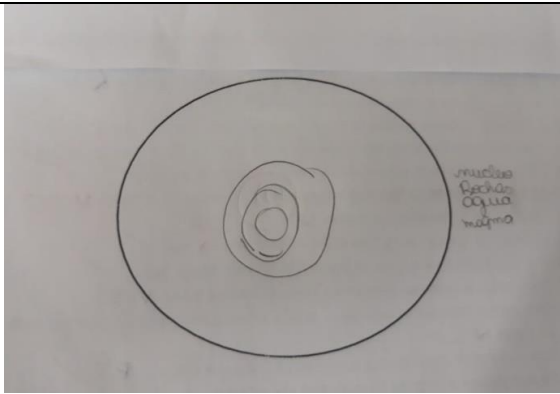
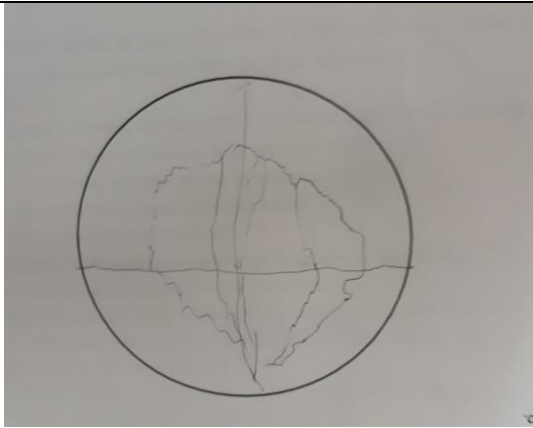
Fonte: Dados deste projeto

Enquanto as questões **A**, **B** e **C** demonstraram a compreensão sobre a estrutura externa da Terra e a concepção de que a Terra não é totalmente sólida, a Questão **D** indicou a falta de compreensão dos estudantes sobre os eventos relacionados às placas tectônicas.

A finalização do levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes ocorreu pela solicitação de um desenho em que seriam representadas as camadas da Terra.

Para análise dos desenhos foram considerados três critérios:

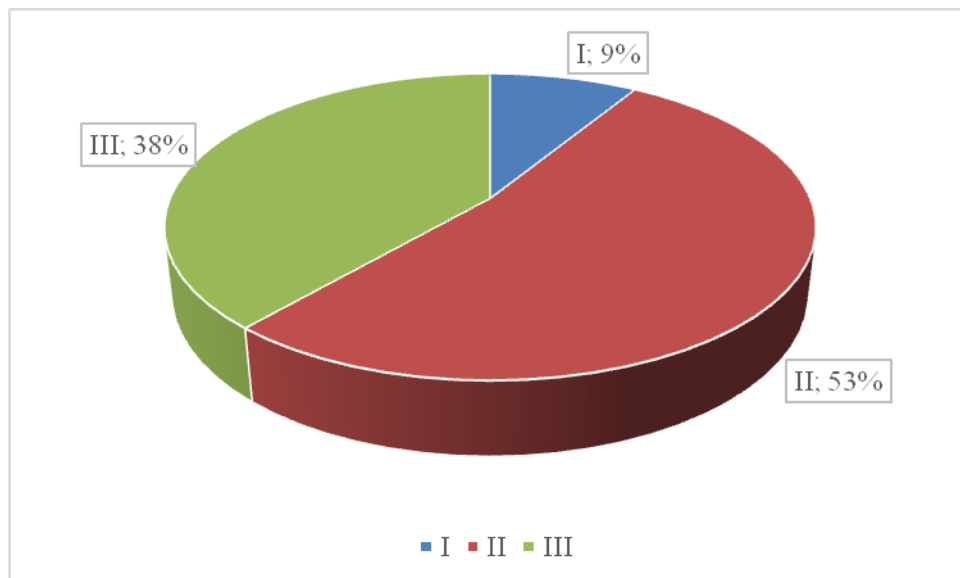
- I) Desenho completo considera todas as camadas da Terra com a indicação dos nomes das mesmas.
- II) Desenho parcialmente completo, existe um esboço de algumas camadas e algumas indicações.
- III) Desenho incompleto, não possui um esboço indicando as camadas do interior da Terra ou sem indicações nominais dessas partes.

I	
II	
III	

**TABELA 2:** Quadro 3, exemplos de desenhos conforme a ordem estabelecida I, II e III

Fonte: Própria 2019

A Figura 23, representam os dados dos desenhos tabulados com os critérios mencionados anteriormente na Tabela 2.



**FIGURA 23:** Classificação das respostas da análise dos desenhos I, II e III.

Fonte: Dados deste projeto

A partir dos dados sobre a estrutura da Terra, que indicaram desconhecimento sobre as camadas do interior da Terra, no planejamento da IIR considerou-se, portanto, a abordagem não somente da Ondulatória, mas também da Termodinâmica, para a compreensão da estrutura interna do planeta. Dessa forma no planejamento da IIR “Modelo do Interior da Terra” previu-se a contextualização com a Atmosfera terrestre.

Após o levantamento dos conhecimentos prévios, foram elaboradas as atividades de ensino. Dessa forma, planejamos aprofundar os conhecimentos sobre o movimento de placas tectônicas, discutir como são realizados estudos sobre o interior da Terra e como são utilizados conhecimentos sobre propagação de ondas, oportunizando explorar as propriedades tais como refração, reflexão e os modelos de ondas, longitudinal e transversal como visto no Capítulo 2.

As questões geradoras da IIR foram apresentadas juntamente com o trecho de uma carta, escrita em 1782, por Benjamin Franklin para Giraud-Soulavie, geólogo francês (PRESS et AL., 2006):

Tais mudanças nas partes superficiais do globo pareciam, para mim, improváveis de acontecer se a Terra fosse sólida até o centro. Desse modo, imaginei que as partes internas poderiam ser um fluido mais denso e de densidade específica maior que qualquer outro sólido que conhecemos, que assim poderia nadar no ou sobre aquele

fluido. Desse modo, a superfície da Terra seria uma casca capaz de ser quebrada e desordenada pelos movimentos violentos do fluido sobre o qual repousa (Benjamin Franklin, 1782, em uma carta para o geólogo francês Abbé J. L. Giraud-Soulavie)

Questões geradoras: *Quais são as implicações que envolvem essas observações (de Franklin, na carta endereçada ao geólogo Giraud-Soulavie)? São verdadeiras? Temos hoje mais informações sobre o interior da Terra que possam justificar essas observações? Essas informações podem ser obtidas de qual maneira?*

A aplicação da IIR abordando conteúdos de Ondulatória foi realizada em 24 aulas, no 3º bimestre de 2017. A Tabela 3 mostra o planejamento adotado para IIR.

Aula 1	Levantamento de conhecimentos prévios sobre o interior da Terra, respondido de forma individual pelos estudantes.
Aula 2	Aula Expositiva: Propriedades ondulatórias, onda mecânica e eletromagnética, onda transversal e longitudinal.
Aula 3	Aula Expositiva: Propriedades ondulatórias, reflexão, refração, polarização, difração e ressonância.
Aula 4	Aula Expositiva: Apresentação de equação de onda e resolução de exercícios.
Aula 5	Apresentação da proposta da IIR “Modelo do Interior da Terra” . Nessa aula foi apresentada a IIR, os estudantes foram divididos em grupos e iniciou-se o processo da abertura da caixa preta. Os estudantes são incentivados a fazerem as perguntas que desejarem sobre o tema.
Aula 6	Aula Expositiva: Equação de onda e resolução de exercícios.
Aula 7	Caixa preta: Devolutiva das perguntas e definição de critérios de avaliação para o produto da IIR.
Aula 8	Aula Expositiva: Equação de onda e resolução de exercícios.
Aula 9	Aula Expositiva: Movimento Harmônico Simples MHS, Sistema massa mola e pendulo, apresentação de conceitos.
Aula 10	Aula Expositiva: Movimento Harmônico Simples MHS, Sistema massa mola e pendulo, resolução de exercícios.
Aula 11	Aula Expositiva: Movimento Harmônico Simples MHS, Sistema massa mola e pendulo, resolução de exercícios. Apresentação breve da história da comprovação da rotação da Terra por Jean Bernard Léon Foucault, na França, em 1819, utilizando um pêndulo.
Aula 12	Aula Expositiva: Movimento Harmônico Simples MHS, Sistema massa mola e pendulo, resolução de exercícios.
Aula 13	Avaliação: Propriedades da ondulatória e MHS.



Aula 14	Aula expositiva: Estudo sobre som, harmônicos e propriedades.
Aula 15	Aula expositiva: Estudo sobre som, harmônicos, resolução de exercícios.
Aula 16	Aula expositiva: Estudo sobre som, harmônicos, resolução de exercícios.
Aula 17	Aula expositiva: Estudo sobre som, harmônicos, resolução de exercícios.
Aula 18	Aula expositiva: Efeito Doppler
Aula 19	Aula expositiva: Efeito Doppler, resolução de exercícios.
Aula 20	Aula expositiva: Efeito Doppler, resolução de exercícios.
Aula 21	Aula expositiva: Placas tectônicas, modelo do interior da Terra, terremotos e como se dá o estudo do interior da Terra por ondulatória. Esta aula contou com a participação/colaboração do professor de Geografia.
Aula 22	Aula expositiva: Resolução de exercícios que relacionam Ondulatória e efeitos físicos no exterior da Terra e no seu interior.
Aula 23	Avaliação. Estudo sobre o som e efeito Doppler
Aula 24	Fechamento da IIR: A feira de ciências como produto da IIR foi montada posteriormente ao fechamento do bimestre.  A aula 24 foi destinada aos últimos ajustes para a apresentação dos estudantes na feira e retomada de alguns conceitos importantes sobre Ondulatória e o estudo sobre o interior da Terra.

**TABELA 3:** Roteiro de atividades da segunda UEPS

Fonte: Própria 2019

Na etapa seguinte, os estudantes expressaram suas dúvidas na forma de novas questões, ou seja, houve a “elaboração de um clichê”. Nesse momento, já conhecendo a atividade, os estudantes não apresentaram nenhum tipo de ansiedade. Também verificou-se, na apresentação das perguntas elaboradas pelos estudantes, que o fato de conhecerem a dinâmica da atividade fez com que focassem seus questionamentos no assunto.

Como parte das avaliações, os alunos produziram maquetes e realizaram alguns experimentos da série *Earth Learning Idea*<sup>2</sup>, traduzida para o português e disponível no *site* do Instituto de Geociências da Unicamp. O entusiasmo com a nova IIR aumentou com a proposta dessas atividades, demonstrando que mudanças nas estratégias de ensino são motivadoras.

Para fechamento/avaliação da aplicação das IIR ao longo de 2017, realizou-se uma Feira de Ciências para os demais estudantes do colégio – desde os anos iniciais do ensino

<sup>2</sup> Disponível em: < <http://www.ige.unicamp.br/geoideias/o-que-e-eli-2/> > Acesso em: 15, jan., 2019.

fundamental até o ensino médio – com o tema gerador Terra. No evento, que aconteceu no dia 19 de novembro, foram apresentados maquetes e experimentos da segunda IIR, assim como os documentários produzidos na primeira.

Para a feira de ciências os estudantes não tinham ideia do que fazer, por esse motivo o professor sugeriu três blocos de experimentos. Por iniciativa dos estudantes foi necessário incluir um quarto bloco, formado por grandes experimentos interativos, apresentados para abertura da feira.

Divididos em grupos, os alunos produziram:

- Bloco de experimentos 1: Maquete;
- Bloco de experimentos 2: Tsunami;
- Bloco de experimentos 3: Simulador sísmico;
- Bloco de experimentos 4: Abertura da feira.

Os blocos de experimentos foram organizados de maneira que o tema gerador *Terra Nossa* fosse apresentado de forma experimental, bem como a divulgação dos trabalhos realizados pelos estudantes:

### **Bloco 1: Maquete**

Os alunos engajados nessa proposta montaram uma maquete que, visualmente, indicava alguma situação relacionada a conhecimentos sobre o interior da Terra, como placas tectônicas, vulcanismo, corrente de convecção do magma etc.

Além das maquetes, os estudantes responsáveis por esse bloco montaram também, paralelamente, os experimentos do *Earth Learning Idea* listados a seguir:

- Continentes em colisão
- Um vale em 30 segundos – Separando camadas de rocha
- Marcas onduladas na areia em uma vasilha
- Fusão parcial – processo simples, enorme impacto global
- De bolas de argila até a estrutura da Terra

- Tubo antigravidade – Movimento de rotação da Terra gera um campo magnético.
- O balão sobe no Krakatoa

### **Bloco 2: Tsunami**

Os alunos que escolheram esse bloco montaram um simulador de tsunami, conforme modelos pesquisados na internet<sup>3</sup>. A proposta desse experimento visou verificar o transporte de energia pela onda de impacto, a diferença de nível da costa e as consequências quando a onda colide no continente.

Além do simulador de tsunami, os estudantes montaram os seguintes experimentos do site *Earth Learning Idea* sobre ondas:

- Ondas na Terra 1 – a simulação da mola de brinquedo
- Ondas na Terra 2 – moléculas humanas
- Quando ele explodirá? – prevendo erupções
- Faça sua própria rocha
- De bolas de argila até a estrutura da Terra
- Tremeu, mas não se mexeu
- Tremor da Terra - minha casa desabará?

### **Bloco 3: Simulador Sísmico**

Os alunos que escolheram o simulador sísmico, que descreve a propagação de uma onda pela crosta terrestre, encontraram um modelo no Youtube. Além disso, realizaram os experimentos:

- Ondas na Terra 1 – a simulação da mola de brinquedo
- Ondas na Terra 2 – moléculas humanas
- O Himalaia em 30 segundos!
- Continentes em colisão
- Um vale em 30 segundos – Separando camadas de rocha
- De uma laranja para toda a Terra
- Energia das rochas: Simulações de energia geotérmica

---

<sup>3</sup>Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Z2olGercBTM> Acesso em 14, jan., 2019.

- Um terremoto pela janela

#### **Bloco 4: Abertura da feira**

Experimentos de abertura da Feira de Ciência, cuja objetivo foi levar os visitantes a pensarem nas condições para a existência da Terra. Esses experimentos deveriam ser interativos. Essa proposta foi acolhida com satisfação pelos estudantes, que desenvolveram as seguintes propostas:

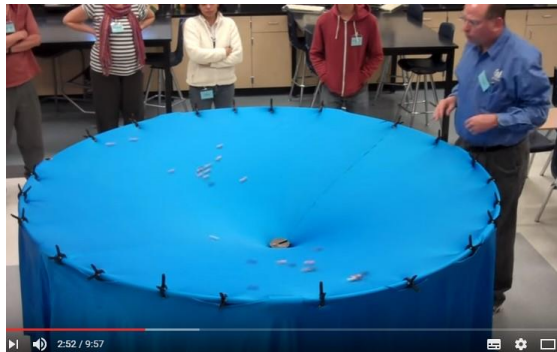
- **Pêndulo** (Figura 24) - Experimento para apresentar os conceitos de conservação de energia e entropia, as duas primeiras leis da Termodinâmica. Usando esse experimento, os estudantes explicaram o balanço energético necessário para a manutenção da vida da Terra e como se dá o fluxo de energia recebida do Sol e transferida para Universo.



**FIGURA 24:** Experimento do pêndulo

Fonte: Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=xXXF2C-vrQE>> Acesso em 14, jan. 2019.

- **Gravitação** (Figura 25) - através desse experimento trabalhou-se a força gravitacional e como essa força influência na distorção do espaço e gera as órbitas, no modelo hoje aceito. Usando esse experimento visual, os estudantes puderam explicar para os visitantes a ação da gravidade entre os corpos.

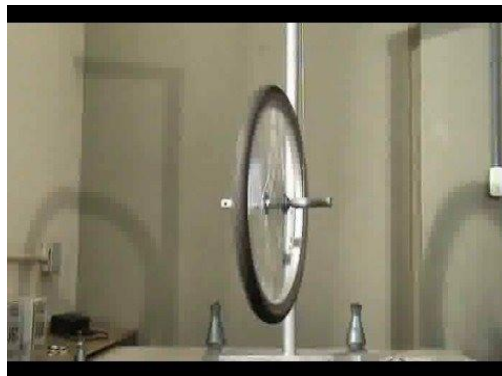


**FIGURA 25:** Experimento de Gravitação

Fonte: Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=MTY1Kje0yLg>>

Acesso em 14, jan., 2019.

- **Conservação de momento**<sup>4</sup> (Figura 26) - esse experimento apresentou um assunto que geralmente não é estudado no Ensino Médio, ilustrando a rotação da Terra; sua velocidade de rotação, que é influenciada pela distribuição de massa; e por consequência, discutir sobre o clima da Terra.



**FIGURA 26:** Experimento do conservação do momento

Fonte: Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=NeXIV-wMVUk>> Acesso

14, jan. 2019.

- **Estrutura de uma ponte de Da Vinci** (Figura 27) - esse experimento visava passar aos visitantes da feira a percepção de diversos fatores que precisam estar em equilíbrio para a existência da vida na Terra, ou ainda, para que a própria Terra exista.

---

<sup>4</sup> Baseado em: OLIVEIRA FILHO, K. S. & SARAIVA, M. F. O. **Precessão do eixo da Terra** (2016). Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node8.htm>. Acesso em: 1 ago. 2017.



**FIGURA 27:** Estrutura da ponte de Da Vinci

Fonte: Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=QKdQV2q5PRk>> Acesso 14, jan. 2019.

Após a organização da feira de ciências e da definição dos blocos de experimentos, os estudantes dispuseram de sessenta dias para montagem dos mesmos. Paralelamente, o professor seguiu com os conteúdos de Ondulatória.

Tendo em vista que o levantamento de conhecimentos prévios - conhecimento de ancoragem – indicou defasagem por parte de alguns estudantes, a cada três aulas, ou seja, uma vez por semana, durante todo o período de realização da IIR, houve momentos de revisão e retomada de conteúdos, ao mesmo tempo em que eram estabelecidas relações com os estudos sobre o interior da Terra.

Outro aspecto importante foi o movimento gerado na escola em função da proposta interdisciplinar por nós conduzida e que levou a coordenação pedagógica a solicitar a todos os professores das áreas de exatas e biológicas que participassem da feira de ciências com o tema gerador *Terra Nossa*. Cabe ressaltar, também, o envolvimento especial do professor de Geografia que ministrou duas aulas a pedido do professor de Física e da coordenação pedagógica do colégio.

O professor de Artes também foi mobilizado e disponibilizou quatro aulas do contra turno para o ensino de técnicas de montagem de maquetes, o que resultou na construção de duas grandes maquetes de ótima qualidade.

O custo do material para construção dos experimentos foi assumido pelo colégio. Dois auxiliares de serviços gerais da escola colaboraram com a montagem e organização da feira, que ocorreu em um dia letivo.

A feira permaneceu aberta das 9 até as 14 horas, totalizando 5 horas de exposição, em que os trabalhos desenvolvidos ao longo de 2017 nas duas ilhas interdisciplinares de racionalidade foram apresentados para todos os alunos da escola e para a comunidade em geral.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os conhecimentos escolares na educação básica brasileira, em sua grande maioria, são apresentados de forma fragmentada, em disciplinas, formando (nessa estrutura) cidadãos que possuem efetiva dificuldade em relacionar saberes. Esta característica limita, significativamente, a interação com novos (ou outros) conhecimentos.

Diante desta realidade, a proposta desta dissertação de mestrado profissional foi elaborar e aplicar duas atividades didáticas com o objetivo de verificar os limites e as contribuições das aproximações entre Física e Geociências no ensino médio, a fim de colaborar com uma mudança de perspectiva no processo de ensino aprendizagem.

A proposta (idealizada) deste trabalho busca incentivar a disseminação do conhecimento de forma mais integrada e interdisciplinar.

Os conceitos de geociências apresentados aqui associados aos conteúdos de Física servirão em primeiro passo, como material de apoio e, posteriormente, como propulsor a outros docentes em suas particularidades de ensino.

As atividades propostas foram desenvolvidas a partir do referencial teórico de aprendizagem significativa de Ausubel (2003) e de estratégias interdisciplinares (GEBARA, 2009; SCHMITZ, 2004). As aplicações foram realizadas em dois bimestres, totalizando, quarenta e oito aulas, contextualizando a Termodinâmica ao estudo do clima terrestre e a Ondulatória à estrutura do interior da Terra e seguiram as etapas das ilhas interdisciplinares de racionalidade, de Fourez (1994 *apud* SIQUEIRA & GARTNER, 2015).

As propostas das IIR compreendem que a participação do aprendiz/estudante é fundamental para sua aprendizagem. Além disso, para que ocorra um aprendizado significativo, a relevância do tema é um ponto fundamental.

Observou-se que o tema global de Geociências (clima e estrutura terrestre) despertou o interesse dos aprendizes/estudantes, em consonância com os referenciais adotados,

validando a expectativa de que as IIR possuem, em seu cerne, características que contribuem para a aprendizagem significativa.

Como resultado, tanto os documentários (apresentados como resultado da primeira IIR), como a Feira de Ciências desenvolvida e apresentada pelos discentes mostraram alto nível de organização, conteúdo material e intelectual. Em específico, os documentários apresentados são resultado da pesquisa dos próprios aprendizes/estudantes junto a outros docentes das áreas de Geografia, Química, Biologia e Filosofia, por exemplo.

Na Feira de Ciências, intitulada *Terra Nossa*, a interdisciplinaridade foi solidificada a partir da efetiva participação/colaboração dos docentes de Arte, Geografia, Química, Biologia, entre outros.

O trabalho proposto inicialmente não considerava a participação do corpo docente, mas os estudantes, espontaneamente, buscaram os demais professores a fim de realizarem suas pesquisas para a produção da feira de ciências. Assim, percebeu-se naquele momento que tais profissionais poderiam/deveriam contribuir para a organização da feira de ciências junto aos alunos, mesmo não sendo solicitado, de início, pela direção escolar. Dessa forma, esses professores, de maneira espontânea e colaborativa, participaram efetivamente da produção da feira de ciências.

Portanto, posso dizer que se observou a superação da fronteira que normalmente delimita as disciplinas, não somente pela aplicação da IIR, mas também devido a participação dos professores em que se envolveram na realização da feira de ciências.

Suas participações enriqueceram o espaço de exposição com colaborações que aproximavam cada uma de suas competências ao tema geral da feira. A saber, o docente de Química expôs uma série de experiências de reação em que a cor da substância resultante dependia de sua temperatura. Essa aplicação teve como objetivo central aproximar do discente a compreensão dos modelos e conceitos inerentes às ondas eletromagnéticas.

Tais observações permitem recomendar, fortemente, estratégias interdisciplinares na perspectiva de atingir a aprendizagem significativa. Contudo, embora as contribuições das aproximações entre Física e Geociências no ensino médio superem enormemente os limites, é importante destacar que a formação fragmentada do próprio professor e seu desconhecimento de conhecimentos de Geociências foram fatores que dificultaram a elaboração e aplicação da proposta.



Os resultados apresentados aqui serviram para enraizar as convicções de que é possível desenvolver uma postura pedagógica mais inclusiva e agradável, para ambos, docentes e discentes. A formação de uma nova geração de cidadãos é responsabilidade coletiva e cabe a nós, professores que lecionamos em situações diversas - e muitas vezes, adversas – um papel relevante. A partir de uma postura de engajamento, um excelente legado poderá ser transmitido: o de uma nova geração de cidadãos participantes da sociedade, críticos na medida certa, autônomas e criativas, capazes de relacionar em si, e no todo, diversos conhecimentos.

É importante ressaltar que embora o desenvolvimento deste trabalho aponte possibilidades para uma prática interdisciplinar, com foco numa aprendizagem significativa, o estudo não se esgota, pois, sinaliza a necessidade de empreender novas pesquisas que aprofundem as reflexões sobre a formação desse professor com prática interdisciplinar. Como se dá a formação desse profissional? Como estão organizados os materiais didáticos do ensino médio que favorecem uma prática interdisciplinar e a aprendizagem significativa? São essas questões que indicam um novo ponto de partida na busca de compreender mais sobre o tema proposto neste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimento: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Grafo, 2003.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima.** 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BERGER, G. Conditions d'une problématique de l'interdisciplinarité. In: CERI (Ed). L'Interdisciplinarité: problèmes d'enseignement et de recherche dans les Université. Paris: UNESCO/OCDE, 1972. p. 21-24 *apud* POMBO, O. Contribuição para um vocabulário sobre interdisciplinaridade. In: POMBO, O.; GUIMARÃES, H.; LEVY, T. Interdisciplinaridade: reflexão e experiência. 2 ed. Lisboa: Texto, 1994.

BETTANIN, Eliani. **Alfabetização Científica e Técnica: Um instrumento para observação dos seus atributos.** IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências: Bauru, SP, 2003.

BUCUSSI, Alessandro A. Introdução ao conceito de energia. **Revista Texto de Apoio ao professor**, Porto Alegre RS, v. 17, n. 3, 2006. ISSN 1807-2763

CARNEIRO, Celso Dal Ré; SANTOS, Gleise Regina Bertolazi dos. **Ensino de geociências na formação profissional em meio ambiente no estado de São Paulo.** Revista Brasileira de Geociências, v. 42, (Suppl 1), p. 84-95, dez. 2012.

CELORIA, D.; AMARAL, I. A.; CAMPBELL, L. **Investigando a Terra.** 1. ed. McGraw-Hill, 1973.

DELATTRE, P. **“Recherches Interdisciplinaires. Objectifs et Difficultés”** (trad. port. de Patrícia Medeiros, “Investigações Interdisciplinares. Objectivos e Dificuldades“). in Guimarães, Conceição, Pombo e Levy (Orgs.), Antologia II, Lisboa: Projecto Mathesis/DEFCUL (1992). 183-212, 1973.

ENESTO, M; MARQUES, L. S.; McREATH, I. **O interior da Terra**. In: TEIXEIRA, Wilson. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Nacional, 2009

FAZENDA, I. **Didática e interdisciplinaridade**. São Paulo: Papirus, 1998.

\_\_\_\_\_. **Integração como proposta de uma nova ordem na Educação**. In: Linguagens, espaços e tempos . Rio de Janeiro: Agir, 2000.

\_\_\_\_\_. **Interdisciplinaridade: dicionário em construção**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

\_\_\_\_\_. **O que é interdisciplinaridade?** São Paulo: Cortez, 2008.

\_\_\_\_\_. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia**. 6. ed. São Paulo: Loyola, 2011.

FEYNMAN, Richard P. **Lições de Física**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica**. Buenos Aires: Colihue, 1994.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Colihue, 1997.

GEBARA, M. J. F. **A formação continuada de professores de Ciências: contribuições de um curso de curta duração com tema geológico para uma prática de ensino interdisciplinar**. Campinas SP, 2009. G262f. Dissertação/Doutorado em 2009 (Geociências) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP, 2009.

GEBARA, M. J. F. Interdisciplinariedad y enseñanza de la Física: enfoques y posibilidades. In: VILLAGRA, Jesus Angel Menezes & GEBARA, Maria José Fontana (Orgs.) **Estrategias didácticas para la enseñanza de la Física**. Burgos: Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional, 2018.

GUSDORF, G. “Les Modèles Épistémologiques dans les Sciences Humaines“, Bulletin de Psychologie, 397, 18, XLIII, 858-868, 1990.

HEWITT, Paul G. **Fundamentos de Física Conceitual** 9. ed., tradução TRIESTE, Ricci – Porto Alegre: Brokman, 2009.

JANTSCH, E. Towards interdisciplinarity and transdisciplinarity in education innovation. In: OCDE. Seminário Internacional sobre Interdisciplinaridade nas Universidades, p.108-9, 1972.

KIEFER, Neci Iolanda Schawanz, **Ensino da física e aprendizagem significativa: roteiro para elaboração de uma aula.**: Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, 2013.

LEINS, Viktor; AMARAL, Sérgio E. **Geologia Geral**. São Paulo: Nacional, 1998.

MARION, J.-L. **A Interdisciplinaridade como questão para a Filosofia**. Presença Filosófica. 4:1, 15-27, 1978.

MEDEIROS, Joel José, **Movimento Browniano em um Curso de Termodinâmica para o Ensino Médio: Uma proposta inspirada na perspectiva Ausubeliana de Aprendizagem Significativa.**: Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Centro Federal de Educação Tecnológico Celso Suckw da Fonseca, Rio de Janeiro, 2014.

MENDONÇA, F. & DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas no Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MEUCCI, Ricardo Dalke, **Experimentos sobre Leis da Conservação para o ensino de Física no Ensino Médio Baseado em Tecnologias Livres.**, Dissertação de Mestrado.

Programa de Pós-Graduação em Formação Educacionais e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>>. Acesso em 10 nov. 2017.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel.** São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, Marco Antonio; **Aprendizagem Significativa, Organizadores Prévios, Mapas Conceituais, Diagramas V e Unidades de Ensino Potencialmente Significativas:** 2012–<http://www.faatensino.com.br/wp-content/uploads/2014/04/Aprendizagem-significativa-Organizadores-pr%C3%A9vios-Diagramas-V-Unidades-de-ensino-potencialmente-significativas.pdf>; acesso em 21 de maio de 2018.

MORO, Elisiane da Costa; **Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade Promovendo Aprendizagem Significativa.:** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, 2015.

NEHRING, Cátia Maria; **As Ilhas de Racionalidade e o Saber Significativo: o ensino de ciências através de projetos;** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte MG, vol. 2, nº 1, mar. 2002.

OLIVEIRA FILHO, K. S. & SARAIVA, M. F. O. **Precessão do eixo da Terra,** 2016. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/fordif/node8.htm>. Acesso em: 1 ago. 2017.

OLIVEIRA, S. M. B.; CORDANI, H. G.; FAIRCHILD, T. R. **Atmosfera, clima e mudanças climáticas.** In: TEIXEIRA, Wilson. **Decifrando a Terra.** São Paulo: Nacional, 2009.

ORTIZ, João P. M.; **Ensinando o Conceito de Campo Elétrico a Partir do Fenômeno do Raio:** Dissertação de Mestrado do Programa Nacional de Ensino de Física, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos SP, 2015.

PALMADE, G. **Interdisciplinaridade e Ideologias**, Madrid: Narcea, 1979.

PONTE, Maxwell L.; PIRANHA, Joseli M. **Estratégias e Recurso Educacionais para Inserção da Geociências na Educação Básica**, Terra e Didática, Campinas SP, 431-438, p. 431-438, Janeiro de 2018.

KIEFER, Neci Iolanda Schawanz, **Ensino da física e aprendizagem significativa: roteiro para elaboração de uma aula.:** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, 2013

PEDROSO, Pedro David, **O Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação na Promoção da Aprendizagem da Termodinâmica.:** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2015.

PIAGET, J. “L'Épistémologie des Relations Interdisciplinaires”, in CERI, L'Interdisciplinarité. Problèmes d'Enseignement et de Recherche dans les Universités, Paris: OCDE, 131-144, 1972.

PINHEIRO, T. F. & ALVES FILHO, J. P. Ilha de racionalidade: experiências interdisciplinares na segunda série do Ensino Médio. In: ENCONTRO IBEROAMERICANO DE COLETIVOS ESCOLARES E REDES DE PROFESSORES QUE FAZEM INVESTIGAÇÃO NA SUA ESCOLA (4., LAJEADOS, SC, 2005). Atas... Lajeado: Univates, 2005. CD-ROM.

PIETROCOLA, M. A história e a epistemologia no ensino das ciências: dos processos aos modelos de realidade na educação científica. *Ciência em Perspectiva. Estudos, Ensaios e Debates*. Rio de Janeiro: MAST/SBHC, p. 133-149, 2003.

POMBO, O. Interdisciplinaridade: conceitos, problemas e perspectivas. In: POMBO, Olga; LEVY, Teresa; GUIMARÃES, Henrique (Orgs.) **A interdisciplinaridade: reflexões e experiências**. Lisboa: Texto, 1994.

POMBO, O. **Contribuição para um vocabulário sobre interdisciplinaridade**, 1998. Disponível em: [webpages.fc.ul.pt/~ommartins/mathesis/vocabulario-interd.pdf](http://webpages.fc.ul.pt/~ommartins/mathesis/vocabulario-interd.pdf). Acessado em: 8 abr. 2018,

PRESS, F.; SIEVER, R; GROTZINGER, J. P.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

QUEIROZ, T. D. **Dicionário Prático de Pedagogia São Paulo**: Rideel, 2003.

RESWEBER, J. - P. **La Méthode Interdisciplinaire**, Paris: Presses Universitaires de France, 1981.

ROCHA, M. O. **O conceito de campo no eletromagnetismo**: uma unidade de ensino potencialmente significativa. Vitória ES, 2015. R672c. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2015.

SANTOS, Graziely Ameixa Siqueira, **Desenvolvimento de Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa Para o Ensino do Conceito de Ondas.**: Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

SCHMITZ, C. **Desafio Docente: As Ilhas de Racionalidade e seus elementos Interdisciplinares**: Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SIQUEIRA, J. B. & GAERTNER, R. Ilhas interdisciplinares de racionalidade: conceito de proporcionalidade na compreensão de informações contidas em rótulos alimentícios. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 8, p. 1-16, 2015.

TASSINARI, C.C.G.; NETO, C. M. D. Tectônica Global, In: TEIXEIRA, Wilson. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Nacional, 2009.

THOM, R. “Vertus et Dangers de l'Interdisciplinarité”, in R. Thom, **Apologie du Logos**, Paris: Hachette, 636-643, 1990.



## **ANEXO 1**

### **Levantamento do conhecimento prévio UEPS Ondulatória**

Questionário Falso e Verdadeiro (GEBARA, 2009, p. 247)

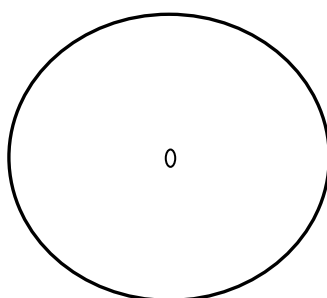
1. Se nos desconsiderarmos os oceanos, a Terra é uma esfera sólida. ( )
2. A energia do Sol controla as estações. ( )
3. A superfície da Terra tem sido a mesma desde o princípio dos tempos. ( )
4. O processo pelo qual se formam as montanhas e a ocorrência de terremotos se deve aos mesmos fatores. ( )

## **ANEXO 2**

### **Levantamento do conhecimento prévio UEPS Ondulatória**

Questões dissertativas (GEBARA, 2009, p. 249)

1. Explique o evento, ou eventos, que você acredita podem causar um terremoto.
2. Faça um desenho do interior da Terra. O círculo representa a superfície e o ponto é o seu centro.



## **APÊNDICE 1**

### **Levantamento do conhecimento prévio - UEPS Termodinâmica**

O que você sabe?

- 1) Energia para quê?! O que você sabe sobre Energia?
- 2) O que é “Trabalho” no estudo de Física?
- 3) Hoje o tempo está bom! Qual a diferença entre clima e tempo?
- 4) O que é efeito estufa? O efeito estufa é benéfico ou maléfico ao ser humano?
- 5) Qual é a importância da atmosfera terrestre? O que causa a convecção na atmosfera e quais são as consequências?

## **APÊNDICE 2**

### **Produto**

#### **UEPS - Interdisciplinaridade entre Física e Geociências**

As sequencias didáticas propostas são duas Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Neste contexto, apropria-se aqui da interdisciplinaridade a fim de favorecer a aproximação de temas comuns entre os conceitos físicos e fenômenos naturais da Terra. A base para sua elaboração é a Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel.

Sequencialmente, será apresentada uma breve descrição sobre a TAS baseado em uma visão interdisciplinar e como se realizou a organização do material de instrução através da metodologia de Ilhas Interdisciplinaridade de Racionalidade (IIR).

Da forma como apresentado a seguir, acredita-se que o aporte teórico escolhido contribui para o ensino de Física de forma significativa gerando aprendizado. Neste contexto, consideram-se os conhecimentos prévios do estudante e relacionando-os com assuntos do seu cotidiano.

Esta abordagem busca tornar o aprendizado significativo, principalmente para estudantes do nível básico de ensino, indo ao encontro de um ensino que faça sentido para o professor, que precisa perceber a utilidade e importância de seu papel e; para o estudante/aprendiz que necessita entender que o estudo da Física pode ser aplicado em diversas áreas do saber. Desta forma, o papel de professor e de estudante é coeso. O professor, como um intermediador do conhecimento, enquanto ensina e o estudante enquanto aprende, não para aprovações em avaliações qualitativas, mas para uma construção duradoura que servirá de ancoragem para novos conhecimentos a serem adquiridos ao longo da vida.

#### **Teoria de Aprendizagem Significativa – TAS**

Neste trabalho, admite-se que, na integração entre ensino e aprendizagem, a interdisciplinaridade e aprendizagem significativa constituem-se, respectivamente, na metodologia de ensino e na teoria de aprendizagem que devem fazer parte do dia a dia da educação básica.

Como visto na seção anterior, uma abordagem interdisciplinar propicia ao estudante uma visão integrada do conhecimento, inclusive, do conhecimento científico. As abordagens interdisciplinares associadas a problemas reais e/ou questões sociais contribuem para que o aprendiz atribua significado ao conhecimento adquirido.

Dessa maneira, o marco teórico adotado neste trabalho foi a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), de David Ausubel (2003)<sup>5</sup>. Ausubel desenvolveu estudos na área da psicologia educacional e a base estruturante de sua pesquisa está focada no cognitivismo ou psicologia da cognição. Assim, assumi-se aprendizagem significativa como sendo

aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva que dizer não literal, não ao pé da letra, e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (MOREIRA, 2017)

Segundo Moreira e Masini (2001), a proposta da teoria de aprendizagem significativa tem como fundamento a cognição que ocorre quando o indivíduo consegue relacionar diversos conhecimentos, construindo a sua identidade, conseguindo, dessa forma, compreender o mundo em que está inserido. Ademais, essa teoria considera também a importância da experiência afetiva.

Ainda, segundo os autores supracitados, a cognição é uma forma de estruturação do pensamento humano em que o aprendiz consegue armazenar na mente estruturas de conhecimentos, de forma que possa futuramente acioná-las quando estimulada. (MOREIRA; MASINI, 2001, p.13).

A aprendizagem significativa tem como pressuposto que para o aprendiz tenha uma nova assimilação de conhecimento é necessário considerar os conhecimentos estruturantes, ou seja, seus conhecimentos prévios. Nessa perspectiva, David Ausubel coloca que o aprendizado ocorre quando é estimulado o conhecimento já existente para que se possa avançar a novos conhecimentos.

A aprendizagem significativa processa-se quando o material novo, ideias e informações que apresentam uma estrutura lógica, interage com conceitos relevantes

---

<sup>5</sup> A teoria de aprendizagem significativa foi desenvolvida por David Ausubel (1918 a 2008), formado em medicina, com especialização em psiquiatria, sendo professor emérito da Columbia University, em Nova Iorque (KIEFER, 2013).

e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade. Essa interação constitui uma experiência consciente, claramente articulada e precisamente diferenciada, que emerge quando sinais, símbolos, conceitos e proposições potencialmente significativos são relacionados à estrutura cognitiva nela incorporados. (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 14)

Portanto, a TAS prevê que o conhecimento prévio é essencial para o aprendizado duradouro. No entanto, para que os conhecimentos prévios sejam estimulados, é necessária a utilização de material de instrução adequado. Material este que irá possibilitar esse tipo de abordagem.

Ausubel (2003) reforça que para atribuir significado à aprendizagem não se pode ignorar os meios utilizados no ensino, pois estes meios são mecanismos que possibilitam a geração de novos conhecimentos de ancoragem e não somente de memorização.

Nessa perspectiva, um ensino que seja duradouro e que faça sentido para a formação do indivíduo, deve relacionar-se com conhecimentos presentes, chamados de conhecimento de ancoragem ou subsunçores, como nota-se nas palavras de Moreira:

A este conhecimento, especificamente relevante à nova aprendizagem, o qual pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, David Ausubel (1918-2008) chamava de *subsunçor* ou *ideia-âncora*. (MOREIRA, 2017)

Ainda, a teoria de Ausubel tem como premissa considerar uma estrutura básica de conhecimento do aprendiz, visando relacionar o conhecimento prévio com novos conhecimentos, possibilitando, dessa maneira, aprendizagem significativa (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 17).

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em subsunçores relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Ausubel vê o armazenamento de informações na mente humana como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimento são relacionados (assimilados) a conceitos e proposições mais gerais, mais inclusivos. Estrutura cognitiva significa, portanto, uma estrutura hierárquica de subsunçores que são abstrações da experiência do indivíduo (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 15).

A partir dessa premissa o aprendiz desenvolve o conhecimento de forma gradativa: de conhecimentos básicos de baixa complexidade para conceitos e conhecimentos de alta complexidade, não de forma contrária.

Um exemplo de como a construção do conhecimento ocorre de forma menos complexa para mais complexa é a análise morfossintática da língua portuguesa. Primeiramente o aprendiz conhece as classes gramaticais (morfologia) e, posteriormente, realiza a análise das funções das palavras (sintaxe), avançando depois para os estudos dos períodos complexos da língua (orações subordinadas e coordenadas).

Nessa perspectiva, entende-se por subsunçores, conhecimentos anteriormente desenvolvidos e que podem gerar desequilíbrios quando o estudante for exposto a novos conhecimentos (Ausubel, 2003). O reconhecimento desse conhecimento prévio, ou de ancoragem, e sua consideração como ponto de partida, somados a atividades de ensino adequadas, teriam o potencial de produzir no estudante uma aprendizagem significativa.

É o conhecimento de ancoragem, ou subsunçor, parte da estrutura cognitiva do aprendiz e serve de base para novas aprendizagens. De acordo com Ausubel (2003), esse conhecimento permite estabelecer novas ligações cognitivas e a formação de uma nova estrutura cognitiva. Na aprendizagem significativa não há apelo à memorização, ao contrário da aprendizagem mecânica, fazendo com que as novas conexões cognitivas perdurem, pois “nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva” (MOREIRA, 2017).

Para que esse mecanismo seja ativado, é necessário utilizar metodologias e/ou estratégias de ensino que levem o aprendiz/estudante a estabelecer relações entre os novos conhecimentos e aqueles já consolidados. Este processo poderá ser estimulado pelo uso de atividades potencialmente significativas, ou seja, metodologias de ensino que devem considerar o conhecimento prévio do aprendiz (AUSUBEL, 2003).

Desta forma, a Teoria Ausubeliana propõe organizadores prévios, para que tenhamos a aprendizagem de forma significativa. Os organizadores prévios são materiais didáticos, metodologias educacionais, que manipularão de forma consciente os subsunçores, servindo de pontes entre o subsunçor e o novo conhecimento (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 21).

A principal função dos organizadores é, então, superar o limite entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber, antes de poder aprender a tarefa apresentada. Permite prover uma moldura ideacional para incorporação e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue na aprendizagem, bem como aumentar a discriminabilidade entre este e um outro similar já incorporado na estrutura cognitiva

ou, ainda, ressaltar as ideias ostensivamente conflitivas. (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 22).

Assim, o material organizador prévio precisa ser mais que um material introdutório. Precisa ser efetivamente substancial a ponto de conseguir relacionar o conhecimento prévio do aprendiz, de forma relevante, fazendo com que ele seja capaz de organizar o conhecimento ao seu contexto social e às suas experiências.

Portanto, a eficácia da aprendizagem significativa depende da forma como ocorre a relação entre o conhecimento de ancoragem e o estímulo para o novo conhecimento. Fatores como cultura, contexto social e idade podem afetar a aprendizagem significativa (Ausubel, 2003).

Existem dois critérios que norteiam possíveis bons resultados para a aprendizagem significativa:

- o material de instrução deve conseguir fazer com que o aprendiz relacione o conteúdo apresentado, de forma organizada, com outros conteúdos, e que permita estabelecer uma lógica de correlação. Essa relação não deve ser arbitrária, mas dirigida, para que seja funcional.
- a relação cognitiva particular do aprendiz com o material. Esse deve respeitar as capacidades intelectuais do estudante e, considerar sua capacidade com a tarefa da aprendizagem, dessa forma o aprendiz precisa se colocar como protagonista de sua aprendizagem, estando disposto a aprender, assim relacionando o subsunçor com o um novo conhecimento a ser aprendido (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 23).

Pode-se concluir da primeira situação que o material organizador prévio precisa ser acessível a capacidade intelectual do aprendiz. Já a segunda situação nos alerta sobre a disposição do aprendiz em aprender. Independentemente da qualidade do organizador prévio, o estudante precisa estar disposto a não memorizar o conhecimento, mas absorvê-lo.

Quando o material de instrução satisfizer a esses dois critérios, as possibilidades da ocorrência da aprendizagem significativa se ampliam; haverá retenção duradoura do conteúdo e ancoragem para novos conhecimentos. Contudo, como parte ativa do processo de ensino

aprendizagem, a atitude do aprendiz pode gerar ou não significado aos novos estímulos cognitivos (Ausubel, 2003).

Conscientes da possibilidade do material organizador não ser suficiente para gerar, em um primeiro momento, interesse e compreensão de relevância para o estudante/aprendiz, aplica-se neste trabalho um recurso metodológico adicional. Este considera a participação do estudante/aprendiz como protagonista no processo de construção do conhecimento. Este recurso é conhecido como Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR). Mas antes, qual o papel da interdisciplinaridade neste processo? Vejamos a seguir.

### **Interdisciplinaridade**

Para elaboração das UEPS a interdisciplinaridade foi escolhida como metodologia, pois se entende que esta conecta conteúdos, objetivos, avaliações, aprofundando de forma coordenada o conhecimento de todas as disciplinas envolvidas.

É evidente que as fronteiras que delimitam as diferentes disciplinas não deixam de existir, mas a compreensão do conteúdo permite uma visão global do conhecimento. Além disso, o estudante, mesmo considerando as particularidades de disciplinas e de áreas distintas do conhecimento, compreende como elas se relacionam.

De acordo com Fazenda (2011), para existir de fato interdisciplinaridade é necessário haver integração efetiva entre disciplinas, de maneira a transformar a realidade do estudante. Quando o estudante é exposto a um conhecimento interdisciplinar, entende que a teoria e prática não são dissociadas. Isso gera uma compressão global do conhecimento.

Assim, a atitude educacional interdisciplinar estabelece que nenhum conhecimento está acabado, mas que o limite de um conhecimento conduz a novos conhecimentos ou, ainda, ao acesso de outras áreas de conhecimento já estabelecidos (tendo sempre como perspectiva a convergência para objetivos comuns). Espera-se, portanto, que o estudante, durante e após a educação básica, tenha condições de relacionar diversos conhecimentos em sua vida prática. No entanto, para que isso aconteça, é necessário que o professor esteja preparado para apresentar a relação entre os diversos saberes.

Fato é que a interdisciplinaridade vem a favor dessa visão global do conhecimento e da formação de um cidadão crítico, agente de mudanças em seu meio social. Quando não existem interações entre as disciplinas, e as mesmas permanecem fechadas em suas



especificidades, delimitando ou restringindo o seu alcance em possíveis campos de atuação, o processo educacional fica comprometido. Nesse sentido, projetos interdisciplinares ajudam a entender que o desenvolvimento do saber e o acúmulo de conhecimento científico (ou não) são agentes de transformação social.

É evidente, porém, que não se propõe que a interdisciplinaridade seja a solução de todos os problemas educativos, mas sim um caminho para refletir sobre a necessidade de mudanças no papel da educação e da educação científica. Dessa forma,

entendemos que o enfoque interdisciplinar favorece a integração dos conhecimentos, sem que seja necessário abolir o conhecimento disciplinar, através de conceitos, métodos e estruturas teóricas de diferentes disciplinas, contribuindo para reduzir as abstrações, comuns no ensino de Ciências, que afastam o objeto de estudo do mundo real (GEBARA, 2009, p. 87).

A interdisciplinaridade “permite que os estudantes tenham uma formação mais geral e o desenvolvimento de competências e habilidades que lhes permitam continuar aprendendo fora do ambiente escolar, através da busca e análise de informações” (GEBARA, 2009, p. 88). A atividade interdisciplinar pode proporcionar condições para que o aprendiz/estudante consiga perceber e interpretar o conhecimento adquirido de diversas formas, especialmente no momento atual, em que as transformações tecnológicas são resultantes da relação entre vários saberes.

Portanto, as fronteiras entre as disciplinas devem ser ultrapassadas, para que existam relações dinâmicas entre diferentes disciplinas, aliando-se aos problemas da sociedade, como aponta Fazenda (1998).

### **Ilha Interdisciplinar de Racionalidade – IIR**

Como visto nas seções anteriores, o enfoque interdisciplinar possibilita que os estudantes tenham uma formação mais ampla e que desenvolvam competências e habilidades que permitam continuar aprendendo fora do ambiente escolar, através da busca e análise de informações (GEBARA, 2009).

Uma vez definida a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003) como marco teórico para essa sequência didática UEPS, considerou-se como princípio fundamental que “o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa”

(Ausubel *apud* por Moreira, 2017). Além disso, também é essencial que no início das atividades sejam utilizados recursos didáticos diferentes dos adotados no processo do cotidiano de ensino. Esses recursos são chamados de organizadores prévios que costumam apresentar um nível de exigência menor do ponto de vista de abstração e generalidade e sua função é servir de ponte entre o que o aluno sabe e o que deveria saber para que o novo conhecimento seja aprendido significativamente (MOREIRA, 2017).

Como organizador prévio pode-se utilizar uma situação problema, que segundo Moreira (2017), pode ser uma tarefa ou,

a explicação de um fenômeno, de uma aparente contradição, a construção de um diagrama, as possibilidades são muitas mas, independente de qual for a tarefa, é essencial que o aprendiz a perceba como um problema. Por exemplo, não adianta propor um “problema” que o aluno perceba apenas como um exercício de aplicação de fórmula. Situações-problema e conceitualização guardam entre si uma relação dialética: são as situações que dão sentido aos conceitos, mas à medida que o sujeito vai construindo conceitos mais capaz ele fica de dar conta de novas situações, cada vez mais complexas.

Neste trabalho o conceito de Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR) foi utilizada como estratégia de ensino, partindo do pressuposto que os conhecimentos levarão a novos questionamentos e, por consequência, à busca de novas informações, transformando a realidade do aprendiz/estudante.

As IIRs visam aproximar os estudantes de situações do cotidiano, tornando-os mais críticos, autônomos e capazes de atuar de maneira incisiva na sociedade (Fourez, 1997; Siqueira & Gaertner, 2015). Além disso, permitem promover o diálogo entre diferentes áreas do conhecimento e direcionam o pensar do estudante para situações reais, fatores que podem conduzir a uma aprendizagem significativa.

Uma IIR inicia-se com uma pergunta que seja relevante aos estudantes/aprendizes, uma pergunta de interesse dos estudantes/aprendizes e que envolva diversas áreas do conhecimento instigando-os a procura da solução que responde de forma abrangente a situação problema. Trata-se de uma proposta metodológica de instrução que possui características de uma atividade potencialmente significativa, em que o objetivo é realizar uma aproximação entre diversas áreas do conhecimento. A apresentação do conteúdo se dá pelas relações entre diversas disciplinas, tornando possível ao aprendiz construir associar o novo conhecimento com diversas áreas do saber humano.

Dessa forma, o professor deixa de ser o único responsável pelo conhecimento; os aprendizes/estudantes participam em todas as etapas do processo, planejando e executando a UEPS: são ativos na escolha dos materiais didáticos, dos critérios de avaliação, da forma de apresentar; e dos resultados da pesquisa.

Segundo Schmitz (2004), o professor passa ser um negociador, que possui a responsabilidade de intervir quando necessário, e contribuir com a visão global do conhecimento. O trabalho indisciplinar exige que o professor ensine de forma plural, sem o conforto de uma sequência de conteúdos pré-estabelecidos, pois as IIR apresentam situações problemas transcendem as disciplinas.

A organização de uma atividade potencialmente significativa, apontada por Ausubel (2003) é critério básico para construção de um aprendizado significativo e as IIRs vêm ao encontro dessa organização previa necessária. As IIRs estruturam-se em cinco pontos fundamentais para sua execução: o contexto, a finalidade do projeto, os destinatários, tipo de produto e o tempo (Schmitz, 2004).

Com relação ao *contexto*, é necessário verificar qual é a base, o conhecimento de ancoragem dos aprendizes para o novo conhecimento que será exposto. A *finalidade* do projeto deve estabelecer relações entre conhecimentos/áreas do conhecimento e não pode prescindir de um limite para as inter-relações, caso contrário a pergunta não será respondida. O perfil dos *destinatários* inclui nível de escolarização, idade, capital cultural e econômico, e cada um destes itens deve ser considerado na proposta.

O tipo de *produto* a ser apresentado como resultado da pesquisa - do ponto de vista da sistematização da aprendizagem e da avaliação dos resultados - podem ser propostas a realização de seminários, jogos, confecção de maquetes, teatro, produção de documentários, blogs ou outras modalidades de comunicação na internet, relatórios orais ou escritos, etc. E, finalmente, o *tempo* necessário para desenvolver o projeto deve ser pensado para sua otimização. Este pode incluir pesquisas, avaliações, apresentações, etc.

A forma como o professor irá organizar os questionamentos dos alunos, derivados da situação problema, são variadas e permitem que sejam utilizadas estratégias diversificadas, como História e Filosofia da Ciência, experimentação, abordagem na perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), além de diferentes tecnologias de informação e comunicação e, até mesmo, aulas expositivas, conforme o enfoque que o professor deseja aplicar.

Nesse trabalho, foram utilizadas as IIRs como proposta para o desenvolvimento de atividades potencialmente significativas. Consideramos que as IIRs são situações problema que se apresentam através de uma pergunta geradora cuja resposta depende de conhecimentos de mais de uma disciplina. Essa questão geradora - chamada de caixa preta – deve ser desconhecida, instigadora e sua resposta deve despertar curiosidade.

De acordo com Pietrocola (2003, *apud* SHIMITZ, FILHO, 2005), o contexto da situação problema deve ser/estar:

8. percebido pelos alunos como um problema;
9. adaptado ao nível de conhecimento dos alunos;
10. suficientemente instigador para que os alunos sintam a necessidade de aborda-lo;
11. executável no intervalo de tempo disponível;
12. passível de abordagens multidisciplinares;
13. percebido com relevância extraclasse;
14. considerar o fator humano.

Dentre todos os requisitos para a escolha da situação problema, existe um em especial que não é possível prever, o fator humano. O envolvimento do aprendiz/estudante é decisivo para que ocorra a aprendizagem significativa e para que o aprendizado seja duradouro Ausubel (2003).

De acordo com Siqueira & Gaertner (2015, p. 160) as IIRs são baseadas em três fatores: autonomia do aprendiz/estudante para conseguir vivenciar conflitos e resolver situações problemas; capacidade de se comunicar, visto que a comunicação é essencial para o desenvolvimento do ser humano; domínio e responsabilidade das situações nas quais está inserido. Assim, a atitude que o aprendiz/estudante adota em relação ao aprendizado é fundamental para o seu aprendizado.

Fourez (SIQUEIRA & GAERTNER, 2015, p. 164 *apud* FOUREZ, 1997, p. 113) propõe oito etapas no desenvolvimento de uma IIR, sendo que essas etapas não precisam seguir uma ordem linear e estão abertas a modificações (SIQUEIRA & GAERTNER, 2015, p. 164 ). São elas:

1. *Pergunta Clichê* - deve ser desenvolvida a partir de um contexto no qual os estudantes foram desafiados a aprender. A partir dessa pergunta, faz-se o levantamento de ideias (chuva de ideias), que são novas perguntas geradas pelos aprendizes/estudantes. Siqueira & Gaertner (2015, p. 165) apontam que essas novas perguntas podem conter diversos erros de conceitos, preconceitos, conhecimentos de senso comum, por esse motivo o professor deve, inicialmente, estabelecer um objetivo que permita direcionar a proposta e, por consequência, expandi-la;

2. *Elaboração de um Panorama Espontâneo*, é a ampliação da chuva de ideias originada da pergunta clichê. Nessa etapa, o professor seleciona as perguntas dos aprendizes/estudantes (ou perguntas acrescentadas pelo professor), dando forma à proposta, sempre em função do objetivo inicial. A seleção das perguntas tem como intuito direcionar o trabalho, delineando segundo os interesses das situações que queremos explorar;

3. *Consulta ao Especialistas e às Especialidades*: A partir do delineamento realizado pelo professor, os aprendizes/estudantes decidem quais especialistas devem consultar, momento em que a autonomia é estimulada. Precisam refletir sobre as respostas, se devem ser acreditadas ou se será necessário recorrer a uma segunda opinião. Siqueira & Gaertner (2015, p. 166) expõem que nessa fase as regras, as limitações e objetivo expostos anteriormente tomam forma; a teoria se aproxima da prática; aproxima-se do cotidiano do aprendiz/estudante. Assim esperamos que o aprendiz/estudante busque novas estratégias de pesquisa, consiga pensar de forma global sobre o conhecimento, relacionar as áreas dos saberes, aprenda pensar interdisciplinarmente;

4. *Ir à Prática*: É a etapa que se caracteriza pelas relações que os aprendizes/estudantes podem estabelecer entre a teoria acadêmica e a prática tecnológica aprendida com os especialistas. Nessa etapa os

aprendizes/estudantes devem perceber a relação interdisciplinar existente entre os saberes;

5. *Aprofundamento do Conhecimento*: Os aprendizes/estudantes precisam avançar sobre a especificidade da área de estudo, compreender em profundidade o(s) conhecimento(s) científico(s) abordados na IIR; é a oportunidade dentro da IIR de conhecer em detalhes um tópico em específico;

6. *Esquematização*: Nessa fase os estudantes decidem, em conjunto, como farão a materialização do que foi pesquisado e aprendido. A materialização é a forma da apresentação da IIR, em que os aprendizes/estudantes expõem os resultados a partir do objetivo estabelecido inicialmente. A forma de exposição deve fugir às avaliações tradicionais. Pode ser feita através de documentários, apresentações em feiras de ciências, artigos, resenhas que exponham os resultados alcançados;

7. *Aprofundamento* - É caracterizada pela ação do professor que gerencia a IIR, é o momento em que o professor propõe um aprofundamento maior em vista do que já foi delineado sobre algo assunto e do que ainda é possível avançar. Esse aprofundamento do conhecimento é realizado pelos estudantes sem a colaboração de um especialista. A autonomia é estimulada e os aprendizes podem ser instruídos a pesquisar em livros, revistas, artigos ou até mesmo com os conhecimentos adquiridos pelo grupo;

8. *A Finalização da IIR* - Caracteriza-se pela síntese dos estudantes sobre o que produziram, o que foi pesquisado e aprendido. Uma das bases da IIR é a comunicação, por esse motivo os aprendizes/estudantes precisam desenvolver a escrita. As formas com que os estudantes desenvolvem a síntese podem ser diversas, mas é importantíssimo que a síntese tenha o registro da interdisciplinaridade.

As IIRs, como apresentado, possuem caráter provocador, iniciando-se com uma situação problema, que irá estimular novas perguntas e proporcionará novos saberes. A situação problema gerada pela IIR possibilita ao estudante uma análise de valores, atitudes envolvendo a realidade e promove novos modos de perceber o mundo, de agir, de pensar e de ser, pela maneira que o conteúdo, a disciplina foi apresentada, levando a sua compreensão para algo muito maior, envolvendo-o na proposta e fazendo com que tenha um aprendizado significativo.

### **UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa**

Como mencionado anteriormente, a UEPS possui um caráter de valorização ao conhecimento prévio dos estudantes. Considerar o conhecimento prévio é pensar sobre os pensamentos, sentimentos dos estudantes que resultará em ações de aprendizagem que possam gerar uma aprendizagem significativa, uma aprendizagem que seja duradoura e não mecânica Moreira (2012).

Ao considerar o conhecimento prévio do estudante/aprendiz é importante gerar ao estudante o interesse a aprender. O interesse é despertado por uma situação problema, Moreira (2012), naturalmente existe uma aproximação a metodologia de ensino da interdisciplinaridade e a proposta da IIR.

Como apresentado nas seções anteriores a IIR possui um caráter de organização para a construção de novos conhecimentos de ancoragem, que parte de uma situação problema, dessa forma estruturasse um modelo mental de níveis crescente de complexidade do conhecimento, dessa forma incorporando novos modelos mentais.

Acredita-se que o material de instrução em que escolhemos, a IIR e a metodologia da interdisciplinaridade possibilita uma aprendizagem crítica, em que estimula a busca por respostas, criando estudantes/aprendizes globais, e essas são as principais características de uma UEPS. Assim, a formação de um estudante/aprendiz é global quando o mesmo consegue entender o conhecimento como um todo. Mesmo que as disciplinas possuam especificidades de áreas, o aprofundamento do conhecimento do estudante/aprendiz permite que ele faça aproximações dessas áreas pelos conhecimentos de ancoragem desenvolvidos.

Para isso, é necessário entender que o estudante/aprendiz deve ser ativo em seu aprendizado enquanto que o professor precisa propor uma atividade que o estimule

considerando seus conhecimentos prévios. Esse estímulo ocorre pelo material potencialmente significativo, que Moreira (2012) identifica como UEPS.

Desta forma e neste contexto, serão apresentadas duas UEPS: a primeira será a interdisciplinaridade entre Termodinâmica e Clima Terrestre; e outra, também interdisciplinar, entre Ondulatória e Interior da Terra.

As UEPS são aplicadas para estudantes da segunda série do ensino médio durante dois bimestres. Assim, são quarenta e oito aulas para desenvolver essas UEPS, com três aulas semanais durante as aulas normais do currículo da segunda série do ensino médio. Enquanto o estudo de Física é ministrado, os estudantes devem ser desafiados ir além do curriculum básico da segunda série do ensino médio, ampliando seus estudos a fim de fazer aplicações de Física em Geociências. A seguir são apresentadas a organização dessas UEPS.

### UEPS 1: Clima Terrestre e Termodinâmica

Para a aplicação da UEPS Clima Terrestre e Termodinâmica são necessárias vinte e aulas ( tabela 1), na qual serão estudados os conteúdos de Gases Ideais, Trabalho Realizado por um Gás, Leis da Termodinâmica e Máquina Térmica. Seguindo o curriculum regular do ensino médio, os estudantes já possuem conhecimento sobre Calorimetria e Dilatação Térmica.

Aula: 1º	Aula: 2º	Aula: 4º	Aula: 7º	Aula: 8º	Aula: 23º	Aula: 24º
Aplicação de questionário de conhecimentos prévios.	Retomada de conteúdos vistos anteriormente, Calorimetria.  Definições básicas de calor e temperatura. Dilatação térmica.	Aplicação da IIR, divisão em grupos de seis estudantes.  A questão problema é proposta.	Aula Experimental: Apresentação de experimentos usando quite industrial para Calor e seus efeitos, Condução, Convecção e Irradiação.	Professor organiza as questões, realiza a separação das questões que irão ser trabalhadas.  Propõe a edição de documentários com temas relacionados as perguntas realizadas da IIR.	A apresentação dos documentários realizados pelos estudantes.	Professor realiza fechamento de conteúdo apontando alguns pontos que ficaram em aberto.

TABELA 1: Planejamento específico da IIR.

Fonte: Própria 2019



**Aula Primeira:** Aplicação de questionário de conhecimento prévio.

- a) Energia para quê? O que você sabe sobre Energia?
- b) Hoje o tempo está bom! Qual a diferença entre clima e tempo?
- c) O que é Efeito Estufa? O Efeito Estufa é benéfico ou maléfico ao ser humano?
- d) Qual é a importância da Atmosfera terrestre? O que causa a convecção na Atmosfera e quais são as consequências?

**Aula Segunda:** Retomada de conteúdos conhecimento sobre calor, temperatura e escalas de temperatura.

**Aula Quarta:** Dividir os estudantes em grupos de seis integrantes. Apresentação da situação problema IIR.

*“O Sol está seguindo para sua “morte”, mas antes aumentará o seu tamanho e a intensidade da emissão de radiação. Qual será o futuro da Terra? Haverá mudanças climáticas? Quais serão?”.* Os estudantes/aprendizes devem ser orientados a elaborarem perguntas relacionadas ao tema exposto.

**Aula Sétima:** Aula Experimental: Apresentação de experimentos usando quite industrial para Calor e seus efeitos, Condução, Convecção e Irradiação

**Aula Oitava:** Na aula de número oito organizar as perguntas realizadas pelos estudantes/aprendiz por área do conhecimento, fazer um recorte das perguntas levantas com enfoque entre Termodinâmica e Clima Terrestre. Apresentar aos estudantes as perguntas elaboradas, e expor a relevância das questões.

Após esse momento propor aos estudantes a edição de documentários sobre o Clima Terrestre e a Termodinâmica. A escolha de documentários para a apresentação da IIR foi proposta pela relação existente do cinema e a realidade. Um outro ponto a destacar dessa escolha é o interesse dos estudantes por cinema, dessa forma fazer a aproximação do material de instrução ao estudante/aprendiz. Os documentários precisam cumprir três objetivos: responder pelos menos três perguntas elaboradas pelos estudantes; relacionar Termodinâmica e Clima e montar o documentário com a escolha de um tema proposto: efeito estufa, dinâmica

da atmosfera, furacão, El Niño e La Niña, clima de Curitiba e processo de desertificação.

### **Crêterios de Avalia o: Material de instru o**

Os cr terios de avalia o pré-estabelecidos são importantíssimos. Primeiro, são eles que nortearam o resultado do produto, a materializa o da pesquisa desenvolvida pelos estudantes; segundo, os cr terios de avalia o elaborados foram pensados para convergir com os oito cr terios da elabora o da IIR listados anteriormente; terceiro, os cr terios de avalia o também podem servir quando a avalia o do aprendizado do estudante   mensurada por notas.

Sugere-se os seguintes cr terios para avalia o do produto da IIR.

1. Tempo de documentário: 6 min a 8min, sendo 10% da nota total.
2. Organiza o: também 10% da nota total.  
Esse cr terio avalia o planejamento dos estudantes em rela o ao desenvolvimento da atividade proposta: Em qual local montar o documentário? Como montar o documentário? Como pesquisar e quais fontes? Onde aconteceu a filmagem e por quê? Quem foram os responsáveis em fazer a montagem das grava es com outros recortes de documentários? Qual cronograma o grupo definiu para elabora o e entrega do documentário?
3. Contexto físico abordado no documentário: 40% da nota total. O contexto   fundamental no documentário, pois   nesse ponto que possível verificar se existiu uma aprendizagem significativa e a interdisciplinaridade de forma efetiva. Assim, como avalia o do contexto físico abordado no documentário, esse deveria possibilitar a interdisciplinaridade entre geociências e termodinâmica.
4. Fotografia: 40% da nota total. Esse item prevê:
  - Edi o do vídeo. Verificar conhecimento prévios dos estudantes sobre edi o de vídeo.
  - Roteiro: Texto que d  coesão e coerência ao documentário.

- Dinâmica: Entende-se por dinâmica o ato de relacionar as falas dos participantes, cortes de outros vídeos, imagens, de forma a prender a atenção do espectador.

**Aula vigésima terceira:** Apresentar os documentários elaborados pelos estudantes. Organizar a apresentação para os estudantes da segunda série e para os estudantes da primeira série do ensino médio. A apresentação para a primeira série do ensino médio torna-se importante por dois pontos: Primeiro, a valorização da pesquisa e pela entrega do documentário realizada pelos estudantes; segundo, a apresentação do trabalho interdisciplinar, a inserção da interdisciplinaridade para outros estudantes/aprendizes de forma efetiva por um trabalho realizado por estudantes para estudantes.

**Aula vigésima quarta:** Retomar conteúdo, para fechamento do assunto abordado, é fundamental dar o retorno aos estudantes de pontos importantes abordados e de pontos que ficaram em aberto. Assim o professor orienta ponto-chaves que fazem a diferença para compreensão do conteúdo e para consolidação da possível aprendizagem significativa.

A seguir a tabela 2 está representado os conteúdos abordados durante a aplicação de toda a IIR. A aplicação da IIR não ocorre somente nos momentos listados, mas durante toda as vinte e quatro aulas, com questionamentos durante as aulas, inserções de vídeos, reportagens, realização de questões que retomam o tema estudado, estimulando a compreensão das estudantes em relação a interdisciplinaridade.

<b>Aula 1</b>	Aplicação de questionário conhecimento prévio.
<b>Aula 2</b>	Aula Expositiva: Definição de Calor, Temperatura e Escala de Temperatura
<b>Aula 3</b>	Aula Expositiva: Escala de Temperatura, resolução de exercícios sobre o assunto.
<b>Aula 4</b>	Apresentação da proposta da IIR: Clima da Terra e Termodinâmica. Nessa aula é apresentado o IIR, em que os estudantes são divididos em grupos, inicia-se o processo da abertura da caixa preta. Os estudantes são incentivados a fazer as perguntas que desejarem sobre o tema apresentado com auxílio de apresentação em PowerPoint.
<b>Aula 5</b>	Aula Expositiva: Resolução de exercícios de propagação de Calor e seus efeitos, Condução, Convecção e Irradiação.

<b>Aula 6</b>	Aula Expositiva: Resolução de exercícios de propagação de Calor e seus efeitos, Condução, Convecção e Irradiação.
<b>Aula 7</b>	Aula Experimental: Apresentação de experimentos usando quite industrial para Calor e seus efeitos, Condução, Convecção e Irradiação. Discussão da diferença entre Clima e Tempo com apoio de experimentos, com a intenção em demonstrar a aplicação do conteúdo na compreensão da dinâmica da Atmosfera.
<b>Aula 8</b>	Devolutiva das perguntas da Caixa Preta: Exposição das questões levantadas pelos estudantes, definição de critérios para apresentação do produto da IIR. Decidido fazer a produção de documentários, os critérios de avaliação estão expostos no texto sobre essa IIR em texto posterior.
<b>Aula 9</b>	Aula Expositiva: Calorimetria e mudanças de fase, resolução de exercícios
<b>Aula 10</b>	Aula Expositiva: Calorimetria e mudanças de fase, resolução de exercícios
<b>Aula 11</b>	Avaliação de conteúdo: Escala de temperatura, processos de transferência de energia térmica por calor, calorimetria e mudanças de fase.
<b>Aula 12</b>	Aula Expositiva: Transformação de gases ideais e trabalho realizado por uma gás.
<b>Aula 13</b>	Aula Expositiva: Transformação de gases ideais e trabalho realizado por um gás. Resolução de exercícios
<b>Aula 14</b>	Aula Expositiva: Apresentação primeira lei da Termodinâmica e as transformações de sistema quando, isovolumétrica, isobárica, isotérmica e adiabático.
<b>Aula 16</b>	Aula Expositiva: Apresentação da segunda lei da Termodinâmica, dando a sequência resolução de exercícios.
<b>Aula 17</b>	Aula Expositiva: Apresentação de terceira lei da Termodinâmica e resolução de exercícios.
<b>Aula 18</b>	Aula expositiva: Máquina térmica e ciclo de Carnot, apresentação de exercícios e aplicações. Conceito de Atmosfera e Efeito Estufa é apresentado, a discussão seguiu explorando a ideia que a Terra funciona de maneira semelhante a uma máquina térmica, com trocas de calor recebida pela Sol e a noite a transferência de energia para o espaço.
<b>Aula 19</b>	Aula expositiva: Resolução de exercícios
<b>Aula 20</b>	Aula expositiva: Resolução de exercícios
<b>Aula 21</b>	Aula expositiva: Resolução de exercícios
<b>Aula 22</b>	Avaliação de conteúdo: Leis da termodinâmica e máquina térmica
<b>Aula 23</b>	Apresentação de Documentários: Para finalizar a IIR os documentários foram apresentados para todos os estudantes como resultado e síntese da pesquisa dos estudantes.
<b>Aula 24</b>	Fechamento da IIR pelo professor: Aula destinada para salientar pontos importantes como conceitos deixados de ser explanados ou colocados de forma errônea.

**TABELA 2:** Planejamento geral da IIR.

Fonte: Própria 2019

No próximo quadro é apresentada a UEPS do Interior da Terra e Ondulatória.

## UEPS 2: Interior da Terra e Ondulatória

A aplicação da UEPS Interior da Terra e Ondulatória é realizada paralelamente ao estudo de ondulatório do curriculum da segunda série do ensino médio, do início da aplicação até o fim da UEPS os estudantes/aprendizes conhecerão os conteúdos da equação de onda, movimento harmônico simples, propriedades ondulatórias, estudo do som (acústica) e efeito Doppler.

Tendo em vista esse planejamento curricular organiza-se a UEPS conforme a tabela 3 abaixo. Nas aulas não marcadas, segue a apresentação do conteúdo, listado anteriormente.

<b>Aulas: 1°</b>	<b>Aula: 3°</b>	<b>Aula: 5°</b>	<b>Aula: 7°</b>	<b>Aula 23°</b>	<b>Aula: 24°</b>
Aplicação de questionário para verificação conhecimento prévio, realizado individualmente.	Introdução a ondulatória com definições de onda transversal, longitudinal, mecânica, eletromagnética e características como, reflexão, refração e polarização.	Aplicação da IIR, divisão em grupos de seis estudantes. A questão problema é proposta.	Professor organiza as questões, realiza a separação das questões que irão ser trabalhadas. Propõe realização de feira de ciências e critérios de avaliação e quais experimentos que devem ser produzidos.	Organização da feira de ciência, determinação de espaço em será apresentada, qual será horário de apresentação, definição do público que participará da feira de ciência.	Professor realiza fechamento de conteúdo apontando alguns pontos que ficaram em aberto.

**TABELA 3:** Planejamento específico da IIR

Fonte: Própria 2019.

**Aulas primeira e segunda:** Aplicação de questionário de verificação de conhecimento prévio sobre ondulatório e interior da Terra.

Questionário falso verdadeiro:

- a) Se nos desconsiderarmos os oceanos, a Terra é uma esfera sólida. ( )
- b) A superfície da Terra tem sido a mesa desde o princípio dos tempos ( ).
- c) Os processos pelo qual se formam as montanhas e a ocorrência de terremotos se deve aos mesmos fatores ( )

Questões discursivas

d) Explique o evento, ou eventos, que você acredita podem causar um terremoto.

e) Faça um desenho do interior da Terra. O círculo representa a superfície e o ponto e o seu centro.

**Aula terceira:** Introdução a ondulatório, explicar sobre onda mecânica, eletromagnética, onda transversal, onda longitudinal e propriedades ondulatórias.

**Aula quinta:** Aplicação da IIR Interior da Terra, usar trecho da carta escrita em 1782 por Benjamin Franklin para Giraud-Soulavie, geólogo francês.

*“Tais mudanças nas partes superficiais do globo pareciam, para mim, improváveis de acontecer se a Terra fosse sólida até o centro. Desse modo, imaginei que as partes internas poderiam ser um fluido mais denso e de densidade específica maior que qualquer outro sólido que conhecemos, que assim poderia nadar no ou sobre aquele fluido. Desse modo, a superfície da Terra seria uma casca capaz de ser quebrada e desordenada pelos movimentos violentos do fluido sobre o qual repousa”.* (Benjamin Franklin, 1782, em uma carta para o geólogo francês Abbé J. L. Giraud-Soulavie in PRESS, Frank et al. Para entender a Terra. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006)

**Questão geradora:** *Quais são as implicações que envolvem essas observações? São verdadeiras? Temos hoje mais informações sobre o interior da Terra que possam justificar essas observações? Essas informações podem ser obtidas de qual maneira?* Nesse momento são formado grupos de seis estudantes. Após aplicação, dividir as questões por áreas do conhecimento, e fazer recorte para seleção de questões que serão trabalhadas posteriormente, como o produto da IIR, que será uma feira de ciências.

**Aula sétima:** Expor as questões de forma organizada, com previa seleção de questões que relacionam, ondulatória e o Estudo do Interior da Terra. Após a apresentação das questões propor aos estudantes/aprendizes a montagem de uma feira de ciências com o tema gerador Nossa Terra. Para organização e critério de avaliação da feira de ciências é estabelecido quatro blocos de experimento. O quarto bloco deve se destacar, sendo a abertura da feira de ciências, formado por grandes

experimentos interativos. A maior parte dos experimentos propostos fazem parte de uma coletânea disponibilizada no site *Earth Learning Idea*, e outros experimentos estão disponibilizados em diferentes sites. Usando o buscador *Google* é possível encontrá-los sem nenhum problema.

Todos os grupos produzirão diferentes experimentos que são divididos em quatro blocos:

- Bloco de experimentos 1: Maquete;
- Bloco de experimentos 2: Tsunami;
- Bloco de experimentos 3: Simulador sísmico;
- Bloco de experimentos 4: Abertura da feira.

**Bloco de experimentos:** são organizados de maneira que o tema gerador Terra Nossa fosse apresentado de forma experimental, visando à aprendizagem significativa, bem como a divulgação dos trabalhos realizados pelos estudantes. Os estudantes ficam livres para escolherem em qual bloco de experimentos querem participar. É importante essa postura, por entender-se que os estudantes precisam participar de forma efetiva no desenvolvimento do seu aprendizado.

**Bloco 1: Maquete:** O grupo de estudantes/aprendizes que escolher fazer a maquete, montarão uma maquete que visualmente expresse o interior da Terra, com placas tectônicas, vulcanismo, corrente de convecção do magma, etc. Além das maquetes, os estudantes responsáveis por esse bloco montarão paralelamente outros experimentos disponibilizados no site *Earth Learning Idea*.

**Bloco 2: Tsunami:** O grupo de estudantes/aprendizes que escolher fazer a montaram um simulador de tsunami, conforme modelos pesquisados na internet, farão paralelamente os experimentos listados 1, 2, 3, 8, 11, 14, 16 (experimentos da coletânea disponibilizada no site *Earth Learning Idea*). A proposta desse experimento visa verificar o transporte de energia pela onda de impacto e a diferença de nível da costa e as consequências quando a onda colide no continente.

**Bloco 3: Simulador Sísmico:** O grupo que escolher o simulador sísmico, montarão um simulador que descreve a propagação da onda pela crosta terrestre, da mesma forma que o do tsunami. O modelo de simulador sísmico é encontrado no site *Youtube*, usando o termo de simulador sísmico como frase de busca. Para o conjunto dos blocos de experimentos de 1 a 3 pode existir grupos repetidos nos mesmos grupos, o único bloco de experimento que será exclusivo será o do grupo 4. O bloco 4 de experimento deve ser direcionado para estudantes/aprendizes que demonstram maior interesse pelo estudo de Física. Os estudantes responsáveis por esse bloco também realizam paralelamente, os experimentos listados 1, 2, 4, 5, 6, 10, 17, 18 (experimentos da coletânea disponibilizada no site *Earth Learning Idea*). Os estudantes responsáveis por esse bloco também realizam paralelamente, os experimentos listados 1, 2, 4, 5, 6, 10, 17, 18 (experimentos da coletânea disponibilizada no site *Earth Learning Idea*). Abaixo a listagem de experimentos da coletânea disponibilizada no site *Earth Learning Idea*. O número entre parênteses é a referência da coletânea.

1. Ondas na Terra 1 – a simulação da mola de brinquedo (76)
2. Ondas na Terra 2 – moléculas humanas (77)
3. Quando ele explodirá? – prevendo erupções (2)
4. O Himalaia em 30 segundos! (9)
5. Continentes em colisão (83)
6. Um vale em 30 segundos – Separando camadas de rocha (16)
7. Marcas onduladas na areia em uma vasilha (11)
8. Faça sua própria rocha (27)
9. Fusão parcial – processo simples, enorme impacto global (82)
10. De uma laranja para toda a Terra (59)
11. De bolas de argila até a estrutura da Terra (74)
12. Tubo antigravidade – Movimento de rotação da Terra gera um campo magnético.
13. O balão sobe no Krakatoa (114)
14. Tremeu, mas não se mexeu (112)
15. Previsão de terremotos – quando um terremoto irá acontecer? (49)



16. Tremor da terra- minha casa desabará? (1)

17. Energia das rochas: Simulações de energia geotérmica (95)

**Bloco 4: Abertura da feira.** Os experimentos que abrirão a Feira de Ciências devem ser experimentos que levam os visitantes a pensarem nas condições necessárias para a existência e manutenção da vida na Terra. Esses experimentos devem ser grandes e possibilitar aos visitantes algum tipo de interação. Foram sugeridos os seguintes experimentos:

Primeiro: **Pêndulo.** A partir desse experimento foram apresentados os conceitos de Conservação de Energia e Entropia, Primeira e Segunda lei da Termodinâmica. Usando esse experimento os estudantes podem explicar sobre o balanço energético necessário para a manutenção da vida da Terra e como se dá o fluxo de energia recebida do Sol e transferida para universo.

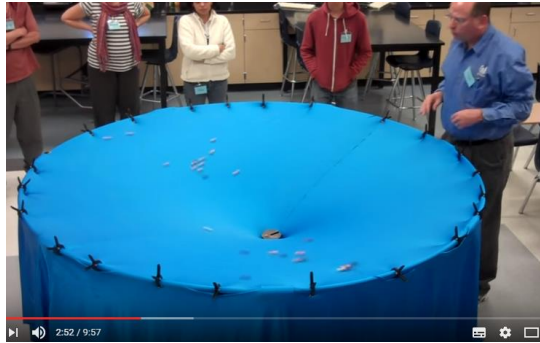


**FIGURA 4:** Experimento do pêndulo

Fonte: Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=xXXF2C-vrQE>>

Acesso em 14, jan. 2019.

Segundo: **Gravitação.** Através desse experimento trabalha-se a ideia da força gravitacional e como essa força influencia na distorção do espaço e gera as órbitas dos astros celestes como conhecemos. Além disso, os estudantes podem explicar para os visitantes a ação da gravidade entre os corpos.



**FIGURA 5:** Experimento Gravitação

Fonte: Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=MTY1Kje0yLg> >

Acesso em 14, jan., 2019.

Terceiro: **Conservação de momento.** Esse experimento apresenta um assunto que geralmente não é estudado no ensino médio. Desta forma, o experimento foi uma oportunidade para apresentar, experimentalmente, a rotação da Terra, conceitos sobre a sua velocidade de rotação, influência da distribuição de massa, inclinação da Terra em relação ao Sol. Além disso, abre-se a discussão sobre o clima na Terra.



**FIGURA 6:** Experimento momento angular

Fonte: Disponível em < <https://www.youtube.com/watch?v=NeXIV-wMVUk> >

Acesso em 14 de jan., 2019.

Quarto: **Estrutura de uma ponte de Da Vinci.** Esse experimento visa transmitir aos visitantes da feira a percepção de diversos fatores

que precisam estar em equilíbrio para a existência da vida na Terra, ou ainda, para que a própria Terra exista.



**FIGURA 7:**Experimento ponte de Da Vinci

Fonte: Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=QKdQV2q5PRk>>

Acesso em 14, jan., 2019.

**Aula vigésima segunda:** Aula expositiva: Apresentação de placas tectônicas, modelo do interior da Terra, estudo sobre terremotos e como se dá o estudo do interior da Terra por ondulatória. Essa aula é importante para que os conceitos de ondulatória sejam relacionados com o estudo do interior da Terra. Ademais, os estudantes/aprendizes podem consolidar o aprendizado, já que anteriormente pesquisaram sobre o assunto e ocorreu o desequilíbrio cognitivo para gerar um novo conhecimento de ancoragem.

**Aula vigésima terceira:** Na aula sétima foi apresentado aos alunos a proposta da Feira de Ciências e as divisões dos grupos de experiências. Esta aula é destinada para definir a organização da Feira de Ciência em relação a determinação de espaço em será apresentada, qual será horário de apresentação, definição do público que participará da Feira de Ciência e a organização da sua montagem. Dividir em três momentos a exposição dos experimentos: primeiro momento: para os estudantes/aprendizes visitarem os grupos que estarão reunidos com seus experimentos; segundo momento: visitação dos estudantes do fundamental II e ensino médio; terceiro momento: comunidade, dessa maneira todos os estudantes e convidados participam das demonstrações experimentais. Salienta-se que o bloco 4 de experimentos exige uma atenção especial pois é necessária uma etapa de preparação, um planejamento anterior do professor, contratação de estrutura (em

alguns casos - andaimes, cama elástica, esfera de concreto, cabo de aço, caibros e outros materiais). Esses materiais devem ser responsabilidade do professor. Diferente da UPES 1, em que os critérios de avaliação convergiam para as oito características da IIR a apresentação da feira de ciências e a sua apresentação possibilita o desenvolvimento das características listadas.

**Aula vigésima quarta:** Fechamento da IIR: aula destinada para fazer os últimos ajustes para a apresentação da Feira de Ciências e apresentar alguns conceitos importantes em que por ventura ainda não estão claros aos estudantes. A apresentação da Feira de Ciências pode ser apresentada dentro do bimestre ou posteriormente, essa flexibilidade não afeta a qualidade da IIR desde que esteja estabelecido, organizado, com os estudantes/aprendizes.

Após a apresentação das IIRs com foco em sua execução, segue a tabela 3 com o planejamento geral da IIR com a distribuição das vinte e quatro aulas, contendo os conteúdos abordados.

<b>Aula 1</b>	Levantamento de conhecimentos prévios, interior da Terra.
<b>Aula 2</b>	Aula Expositiva: Propriedades ondulatórias, onda mecânica e eletromagnética, onda transversal e longitudinal.
<b>Aula 3</b>	Aula Expositiva: Propriedades ondulatórias, reflexão, refração, polarização, difração e ressonância
<b>Aula 4</b>	Aula Expositiva: Apresentação de equação de onda e resolução de exercícios.
<b>Aula 5</b>	Aplicação de IIR Interior da Terra: Abertura de caixa preta
<b>Aula 6</b>	Aula Expositiva: Equação de onda e resolução de exercícios.
<b>Aula 7</b>	Caixa preta: Devolutiva de perguntas e definição de critérios para o produto da IIR, feira de ciências.
<b>Aula 8</b>	Aula Expositiva: Equação de onda e resolução de exercícios.
<b>Aula 9</b>	Aula Expositiva: Movimento Harmônico Simples MHS, Sistema massa mola e pendulo, apresentação de conceitos.
<b>Aula 10</b>	Aula Expositiva: Movimento Harmônico Simples MHS, Sistema massa mola e pendulo, resolução de exercícios.
<b>Aula 11</b>	Aula Expositiva: Movimento Harmônico Simples MHS, Sistema massa mola e pendulo, resolução de exercícios.
<b>Aula 12</b>	Aula Expositiva: Movimento Harmônico Simples MHS, Sistema massa mola e pendulo, resolução de exercícios.
<b>Aula 13</b>	Avaliação: Propriedades ondulatória e MHS
<b>Aula 14</b>	Aula expositiva: Estudo sobre som, harmônicos e propriedades.
<b>Aula 15</b>	Aula expositiva: Estudo sobre som, harmônicos, resolução de exercícios.
<b>Aula 16</b>	Aula expositiva: Estudo sobre som, harmônicos, resolução de exercícios.
<b>Aula 17</b>	Aula expositiva: Estudo sobre som, harmônicos, resolução de exercícios.
<b>Aula 18</b>	Aula expositiva: Efeito Doppler

<b>Aula 19</b>	Aula expositiva: Efeito Doppler, resolução de exercícios.
<b>Aula 20</b>	Aula expositiva: Efeito Doppler, resolução de exercícios.
<b>Aula 21</b>	Avaliação, estudo sobre o som e efeito Doppler
<b>Aula 22</b>	Aula expositiva: Apresentação de placas tectônicas, modelo do interior da Terra, estudo sobre terremotos e como se dá o estudo do interior da Terra por ondulatória.
<b>Aula 23</b>	Organização da feira de ciência, determinação de espaço em será apresentada, qual será horário de apresentação, definição do público que participará da feira de ciência.
<b>Aula 24</b>	Fechamento da IIR: A feira de ciências como produto da IIR foi montada posteriormente após o fechamento do bimestre. A aula 24 foi destinada em fazer os últimos ajustes para a apresentação e apresentar alguns conceitos importantes a destacar sobre ondulatória e o estudo sobre o interior da Terra.

**TABELA 3:** Planejamento geral para IIR:

Fonte: Própria 2019

As UEPS apresentadas podem ser aplicadas em outras situações que relacionam a Física e Geociência, por isso, abaixo são apresentadas uma série de relações de fenômenos naturais e com o conteúdo de Física que são abordados no Ensino Médio e que podem servir como inspiração para organização de novas UEPS tendo como aporte uma IIR.

### **1. Estudo do fenômeno natural Vulcão, relacionar com conteúdo:**

- Termodinâmica;
- Condução de calor, convecção, condução e irradiação;
- Estudo dos gases;
- Trabalho realizado por gás.

### **2. Estudo do fenômeno natural Gêiser**

- Termodinâmica;
- Condução de calor, convecção, condução e irradiação;
- Estudo dos gases;
- Trabalho realizado por gás.

### **3. Aurora Boreal**

- Campo Magnético;
- Refração;
- Reflexão;
- Reação química.

#### **4. Campo gravitacional terrestre**

- Momento Angular;
- Centro de gravidade;
- Gravitação Universal;
- Movimento de Rotação.

#### **5. Formação das rochas, ígneas e metamórficas**

- Termodinâmica;
- Calor.

#### **6. Campo Magnética da Terra**

- Eletromagnetismo;
- Ondulatória;
- Movimento de Rotação.

#### **7. Relâmpagos**

- Eletrostática;
- Eletrodinâmica.

#### **8. Marés**

- Gravitação;
- Órbita.

#### **9. Corrente Marítimas**

- Densidade;
- Movimento de rotação;
- Fluxo de energia;
- Termodinâmica.

## **10. Erosão**

- Fluído;
- Gravidade;
- Atrito.